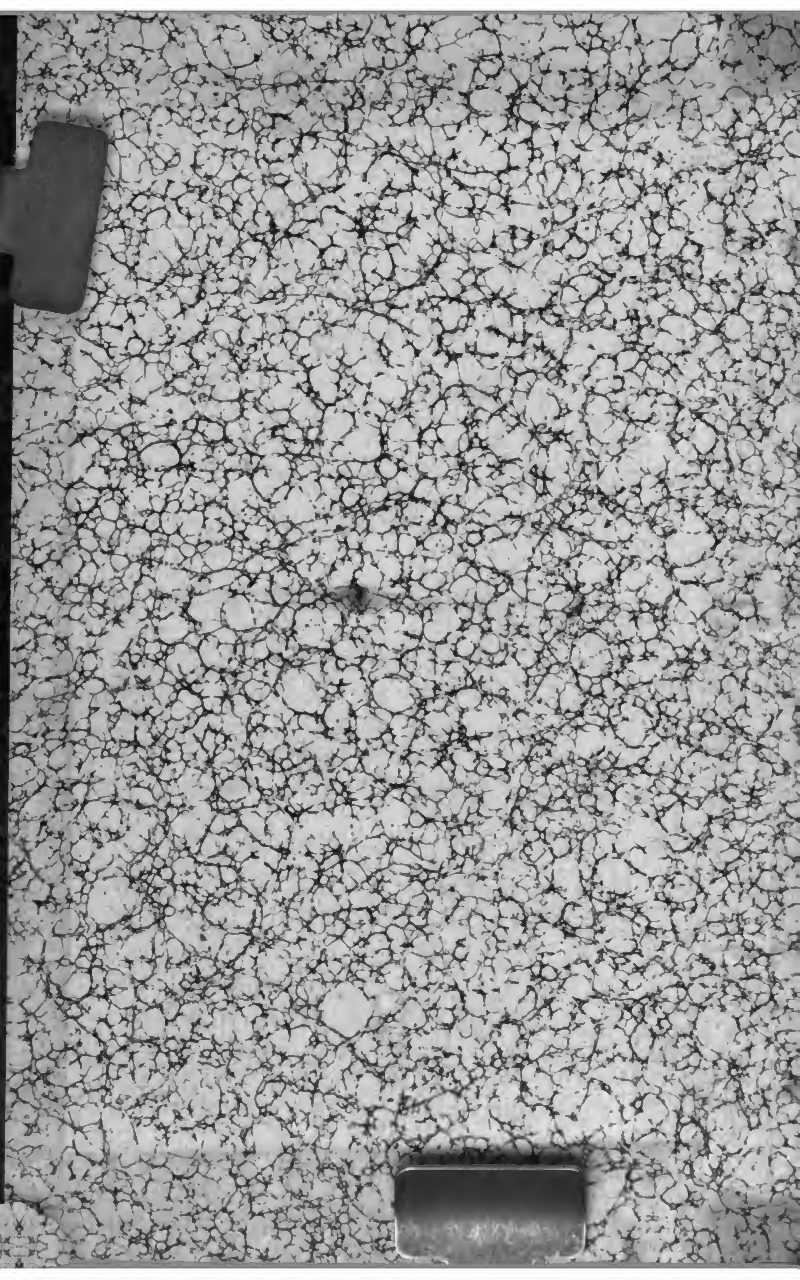
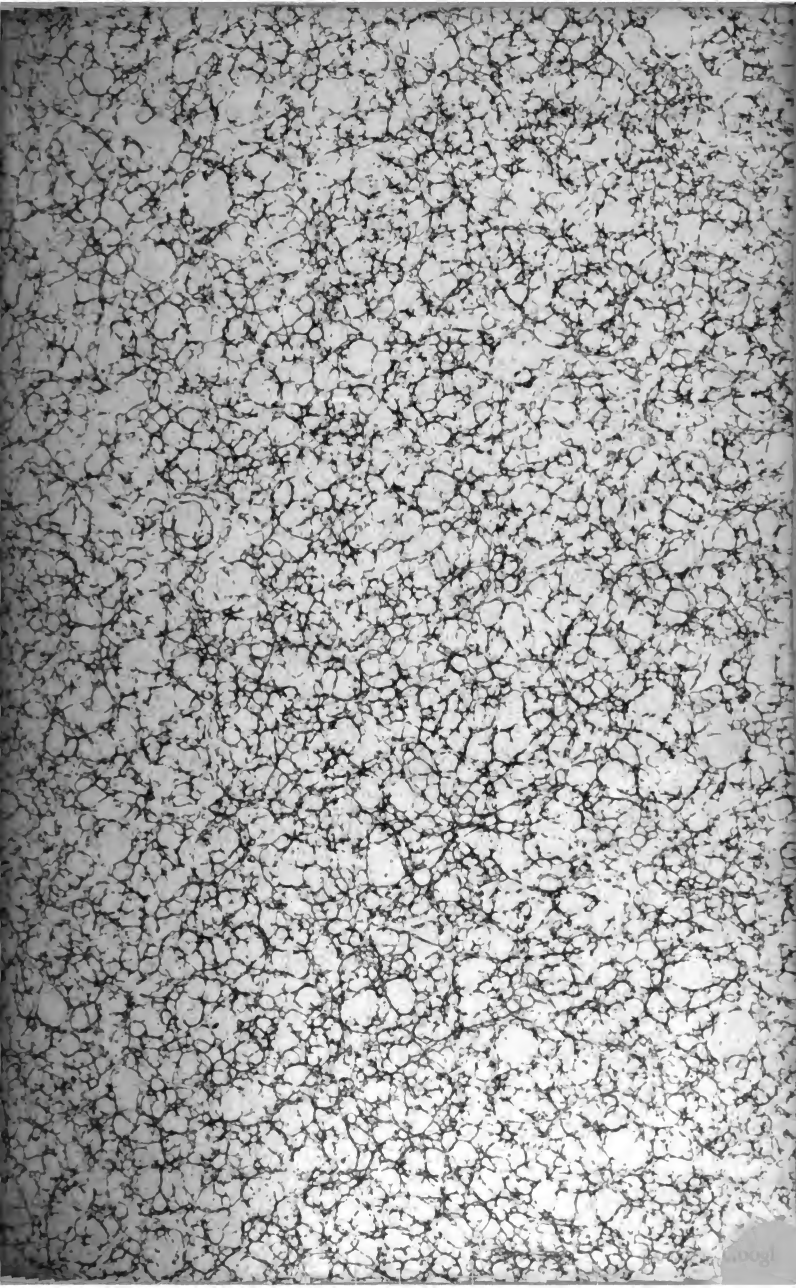




DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

ENCYCLOPÉDIE TECHNOLOGIQUE

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

DE L'AGRICULTURE, DES MINES, ETC.

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR MESSIEURS

ALCAN, Ingénieur, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.
BARRAL, Répétiteur à l'École Polytechnique. — BARRAULT, Ingénieur civil. — BRÉGUET, du Bureau des Longitudes.
V. BOIS, Ingénieur. — BRUN, ancien Imprimeur. — D'ARCET, de l'Institut (Académie des Sciences).
P. DESORMEAUX, auteur de plusieurs ouvrages de Technologie. — DEBETTE, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur des Mines.
DÉGLIN, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées. — DUBIED, ancien Élève de l'École centrale, Ingénieur Constructeur.
EBELMEN, Professeur à l'École des Mines, Directeur de la Manufacture de Sèvres.
FAURE, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.
GIBON, ancien Élève de l'École centrale, Directeur d'usines métallurgiques. — GROUVELLE, Ingénieur civil.
HANRIOT, Directeur de Papeterie. — JOBARD, Directeur du Musée de l'Industrie belge.
KNAB, Ingénieur. — Ch. LABOULAYE, ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Officier d'Artillerie, Fondeur en caractères.
H. MAGNE, Professeur à l'École d'Alfort. — MALLET, Chimiste. — MANGON, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées.
ROUGET DE LISLE, Ingénieur-Manufacturier. — SALLANDROUZE, Membre du Conseil des Manufactures.
P. TOURNEUX, Chef du Bureau des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics.
VINCENDON-DUMOULIN, Ingénieur Hydrographe de la Marine.
et un grand nombre d'Ingénieurs et de Fabricants.

PUBLIÉ PAR M. C. LABOULAYE

Deuxième Édition



G-Z

PARIS

Bureau de la Publication

LIBRAIRIE DE L. COMON

QUAI MALAQUAIS, 15

1854

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES.

G

GAIAC (*angl.* guaiac, *all.* gunja Harz). Résine qui exsude de l'arbre appelé *guaiac officinalis* qui croit dans les îles de l'Inde occidentale, et qui n'est guère employée que dans les pharmacies.

GALACTOMETRE. *Aréomètre* dont on se sert pour reconnaître la qualité du lait.

GALBANUM. Gomme-résine qui exsude spontanément ou par des incisions du *bubon galbanum*, plante de la famille des Ombellifères, qui croit en Afrique et particulièrement en Éthiopie.

GALENE (*angl.* galena, *all.* bleiglanz). Nom donné au plomb sulfuré. Voyez PLOMB.

GALIPOT. Nom donné à la térébenthine du *pinus maritima*, solifiée sur l'arbre. Lorsqu'il se trouve mélangé de débris d'écorces et plus impur, il prend le nom de *barras* (voyez TÉRÉBENTHINE).

Le galipot est employé dans la fabrication des vernis communs.

GALLATES. Sels formés par l'acide gallique. Voyez l'article suivant.

NOIX DE GALLE (*angl.* gall-nuts, *all.* gallæpfel). On donne ce nom à des excroissances que l'on trouve sur les feuilles et les menues branches de la variété de chêne dit *quercus infectoria*, qui croit dans le Levant. Elles sont produites par la piqûre d'un insecte du genre *cynips* de Linnée et de l'ordre des hyménoptères, qui y dépose ses œufs; ils se développent en s'entourant d'une espèce de tubercule qui est la galle elle-même qui s'accroit jusqu'à ce qu'ils aient subi leur métamorphose : alors ils en percent la paroi et s'échappent; passé cette époque la galle pâlit, devient moins dense, moins astringente, et perd ainsi successivement les qualités qui la font rechercher.

Il résulte du mode de formation des galles, qu'elles sont dues à une extravasion des sucs végétaux et qu'elles doivent présenter une organisation ou au moins un tissu homogène; c'est en effet ce que l'on observe : une galle de bonne nature présente une cassure entièrement grenue, brillante au soleil, et qui offre à peine quelques différences vers la périphérie, où les matériaux extravasés ont dû subir une altération de la part de l'air.

Les galles, quelles qu'elles soient, renferment toutes beaucoup de tannin, ce qui les rend propres à être employées dans la fabrication des ENCRES, la TEINTURE en noir, le tannage des PEAUX, etc.

Les *galles d'Alep* sont les plus estimées ; on en distingue trois sortes : les galles noires qui forment la qualité supérieure sont petites, très denses et très raboteuses. Elles renferment presque toujours l'insecte avec lequel elles se sont développées, ce qui se reconnaît à ce qu'elles n'offrent aucune perforation ; les galles blanches, plus grosses, moins denses et moins raboteuses que les galles noires, sont beaucoup moins estimées ; les galles vertes ont un aspect et des qualités intermédiaires à celles des deux espèces précédentes. Les *galles de Smyrne* sont comparables aux galles d'Alep sous tous les rapports ; mais elles leur sont inférieures en qualité. La Dalmatie, l'Illyrie, la Calabre, etc., produisent des galles inférieures aux précédentes, plus petites, et qui croissent sur le *quercus cerris*. Enfin, on trouve en France, et généralement presque partout, des galles de qualités très inférieures, qui croissent sur le chêne vert (*quercus ilex*) et le chêne ordinaire (*quercus robur*), et qui ne sont guère employées que pour le tannage.

Le principe utile et astringent des noix de galle est le *tannin*, que l'on en retire aisément comme il suit : on prend un tube de verre droit, long et étroit, que l'on étire légèrement à l'extrémité inférieure, dans laquelle on place ensuite une mèche de coton, et que l'on introduit dans le col d'un flacon ; on remplit à moitié le tube de noix de galle grossièrement pilée et légèrement tassée, puis on verse par dessus de l'éther sulfurique hydraté, et on ferme le tube avec un bouchon. La liqueur qui s'est rassemblée au bout de 24 heures dans le flacon forme deux couches : la couche supérieure, qui est de l'éther presque pur que l'on enlève et qui peut servir pour une autre opération, et la couche inférieure qui est une dissolution de tannin dans l'eau provenant de l'éther et de la noix de galle non desséchée. La dissolution est presque sirupeuse ; en l'évaporant à sec, sous le récipient d'une machine pneumatique, on a une matière boursouflée et incristallisable, qui est du tannin dans le plus grand état de pureté que l'on ait pu obtenir.

En épuisant la noix de galle par l'éther, on en retire de 40 à 45 p. 100 de tannin.

Le tannin ou acide tannique (*all.* gerbsaure) est un véritable acide, rougissant la teinture de tournesol et se combinant avec les bases pour former des *tannates*. Il est très soluble dans l'eau et l'alcool, moins dans l'éther ; il possède une saveur très astringente. Le tannin ou l'infusion aqueuse de la noix de galle précipite un grand nombre de sels métalliques, et cette propriété est quelquefois employée dans l'analyse qualitative. Avec les sels de protoxyde de fer, il n'y a pas de précipité ; avec les sels de peroxyde de fer, il y a un précipité d'un noir-bleu intense (encre) qui reste en suspension dans l'eau ; avec les sels de titane, le précipité est d'un rouge de sang ; enfin, la plupart des précipités par les sels métalliques incolores sont d'un blanc sale. Le tannin précipite complètement la gélatine, et réciproquement ; le précipité est caséeux ; c'est lui qui se forme dans le tannage des peaux. La composition du tannin est représentée par la formule $C^{18} H^{16} O^{12}$. A l'état sec,

le tannin se conserve indéfiniment, mais à l'état de dissolution, il s'altère assez promptement et passe à l'état d'acide gallique (*all.* gallæpfel saure), même hors du contact de l'air.

L'*acide gallique* se produit, comme nous venons de le dire, par la décomposition spontanée de la dissolution de tannin ; pour le préparer, on fait une infusion à chaud de noix de galle, on concentre par l'ébullition la liqueur qui est d'un brun très foncé, on ajoute du noir animal pour la décolorer, on filtre, on fait cristalliser, et on purifie les cristaux obtenus par plusieurs cristallisations successives ; on a ainsi de l'acide gallique, incolore, lorsqu'il est parfaitement pur, et en aiguilles soyeuses. Il se distingue du tannin en ce qu'il peut cristalliser et en ce qu'il ne précipite point la gélatine ; avec les sels de peroxyde de fer, l'acide gallique donne un précipité d'un bleu noir très intense (encre) beaucoup plus soluble dans l'eau que le précipité analogue produit par le tannin. La composition de l'acide gallique est représentée par la formule $C^7 H^6 O^5$; par l'action de la chaleur, il perd successivement un atome d'acide carbonique CO^2 et un atome d'eau H^2O, en donnant naissance à deux nouveaux acides, l'acide pyrogallique $C^6 H^6 O^3$ et l'acide méta-gallique $C^6 H^4 O^2$, qui n'ont aucun emploi dans les arts.

La ville de Lyon consommant une grande quantité de noix de galle dans ses ateliers de teinture, M. Michel, chimiste praticien distingué et habile teinturier, conçut l'heureuse pensée de faire cesser le tribut qui pesait sur la France, et se livra à des expériences qui eurent un plein succès. Il fit établir quelques fabriques dans les environs de Lyon, et depuis 1840, il y en a deux dans la petite ville du Pont-de-Beauvoisin (Isère).

On y fabrique l'acide gallique avec de vieux châtaigniers, lorsqu'ils ne donnent plus de fruits, et lorsqu'en même temps ils ne pourraient plus fournir que de mauvais charbon.

Une machine circulaire à couteaux débite le châtaignier sous forme de copeaux minces.

Ces copeaux sont introduits dans une chaudière à grille chauffée à la vapeur. Les décoctions sont portées dans de grands cuviers ; on laisse reposer. La liqueur claire soutirée est évaporée dans des chaudières plates, et, lorsqu'elle marque 20° à l'aréomètre de Beaumé, on la met dans des futailles.

Cette décoction remplace parfaitement celle que l'on retirerait de la noix de galle.

100 de copeaux de vieux châtaigniers donnent 16 à 18 de la décoction dont on vient de parler, et que l'on désigne dans le commerce sous le nom d'acide gallique liquide.

On vend de 38 à 42 fr. l'hectolitre de cette décoction.

Ces fabriques sont en activité depuis peu, et elles prendront, suivant toutes les probabilités, quelque consistance. Leurs produits sont recherchés ; mais on ne peut les obtenir que là où il y a des châtaigniers.

ACIDE GALLIQUE. Voyez *noix de* GALLE.

GALVANOPLASTIE. La galvanoplastie est un art nouveau qui n'a pas encore pris dans l'industrie toute l'extension que son utilité devra lui faire acquérir un jour. La délicatesse de certaines opérations auxquelles les ouvriers ne sont pas encore habitués, l'inhabileté qu'ils mettent à diriger l'emploi des courants électriques dont l'action leur paraît extraordinaire, expliquent facilement pourquoi, en France, la galvanoplastie n'est encore qu'un jeu.

On s'est déjà servi de cet art pour reproduire des monnaies et des médailles ; pour copier les cachets, les sceaux, les empreintes en plâtre ; pour obtenir des creux copiés sur des surfaces en relief ; pour fabriquer des moules obtenus sur des fruits, des végétaux, etc. ; pour fabriquer des moules dans l'art du fondeur ; pour reproduire des caractères d'imprimerie, des planches en cuivre unies ou gravées, des planches gravées sur bois, des images daguerriennes ; enfin pour graver sur une planche de cuivre. Toutes ces applications qui, pour la plupart, n'ont été qu'essayées en France, sont plus communément faites en Allemagne et en Angleterre. Leur simple énoncé doit faire comprendre que dès l'instant où leur réussite sera complète, il y aura une révolution dans la confection des dessins et modèles de fabrique. Les reproductions se font par la galvanoplastie avec une telle perfection, identité et facilité que la propriété des dessins recevra une rude atteinte. Nous n'en dirons pas davantage sur ce sujet, car, *si les faussaires savaient*, il y aurait pour la plupart des institutions de la société civilisée un danger dont elle ne semble pas encore comprendre l'importance. Dans tous les cas, il sera nécessaire, afin de sauvegarder des intérêts précieux et respectables, que la loi intervienne pour organiser ou du moins régulariser l'emploi des forces électriques, de même qu'elle est intervenue pour régulariser l'emploi des chutes d'eau, celui de la vapeur, etc.

Avant d'entrer dans des explications techniques, nous devons aussi prendre la précaution d'avertir le lecteur que beaucoup, que la plupart même des procédés que nous allons décrire ont été monopolisés par des brevets d'invention. Notre opinion est que cette monopolisation a été faite presque toujours illégitimement. Mais ne voulant pas entrer dans la discussion des propriétés individuelles, discussion qui serait d'ailleurs fort difficile, tant les terres du domaine public sont enchevêtrées dans celles du domaine privilégié, nous nous contentons de prévenir les personnes qui voudraient faire de la galvanoplastie industrielle, qu'elles doivent, avant tout, consulter les brevets pris sur la matière, afin d'être bien renseignées sur les prétentions des inventeurs.

La galvanoplastie repose sur des règles générales qui doivent être à peu près invariablement suivies dans toutes les applications de cet art, et que nous allons donner avant d'indiquer les précautions spéciales qu'on doit prendre dans chacune de ces applications.

Le but que l'on veut obtenir est de précipiter, par l'action d'un courant galvanique, un métal de sa dissolution, sur un objet donné, en couche continue, mais non adhérente, de manière que cette couche représente exactement tous les détails de l'objet avec toutes leurs dimensions et leurs courbures. Quelquefois on n'a pas l'intention de retirer la couche métallique déposée de dessus l'objet, et alors cette couche doit être adhérente. Mais dans ce cas on ne fait réellement pas de la galvanoplastie ; on fait une espèce de dorure, de cuivrage, etc. Cette opération nous semble puérile, quand elle n'a pas d'autre but que de recouvrir une statue d'une couche de cuivre par exemple ; nous indiquerons pourtant la manière dont elle doit être conduite, parce qu'il est certains cas où elle peut être utile.

Ainsi que dans l'opération de dorure, on peut se servir, pour engendrer le courant électrique, soit d'un appareil simple, soit d'un appareil composé. Dans un appareil simple, le moule, l'objet sur lequel doit se déposer le métal précipité, fait partie essentielle du circuit galvanique. Dans l'appareil composé, la pile est en dehors du bain à décomposer, et le moule est attaché au pôle zinc ; le pôle cuivre, charbon, etc., est mis d'ailleurs en communication avec le bain ; l'avantage que l'on trouve à employer un appareil composé consiste en ce que l'on peut attacher au pôle cuivre ce que l'on appelle un électrode soluble, c'est-à-dire une lame du métal même, qui est en dissolution dans le bain et que l'on veut faire déposer sur le moule placé au pôle zinc. Cette lame a la propriété d'entrer en dissolution

en quantité à peu près égale à celle qui se dépose sur le moule

Les inventeurs de la galvanoplastie, Spencer et Jacobi, qui, le premier en Angleterre, le second en Russie, firent la découverte de cet art nouveau en 1838, à peu près simultanément, et sans aucun doute en travaillant chacun de leur côté dans la plus complète ignorance des travaux de l'autre, exécutèrent leurs opérations galvanoplastiques avec des appareils simples. Les appareils qu'ils employèrent dans l'origine étaient sans doute fort imparfaits, et depuis l'époque de leur invention, quoiqu'elle soit si rapprochée de nous, ils ont été grandement perfectionnés. Cependant, afin de faire voir comment avec les premiers vases venus, sans avoir recours à des appareils coûteux, on peut arriver aux plus beaux et plus utiles résultats, nous décrirons, d'après M. Becquerel (*Eléments d'électro-chimie*), l'observation fondamentale qui a engendré toute la galvanoplastie, exactement comme l'a faite Spencer pour la première fois. Une plaque carrée de cuivre fut mise en communication avec une plaque de zinc de même forme et de même grandeur, au moyen d'un fil de cuivre. La plaque de cuivre fut recouverte à chaud d'une couche de vernis, composé de cire jaune, de résine et d'ocre rouge; avec une pointe métallique on traça des lettres dans ce vernis, en mettant à nu le cuivre, comme dans la gravure à l'eau forte. Cette préparation faite, on prit un vase rempli à moitié d'une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle on plongea la plaque de cuivre, ainsi que le verre d'un bec à gaz, fermé à l'une de ses extrémités par un tampon de plâtre de $0^m,02$ d'épaisseur, et rempli aux deux tiers d'une solution étendue de sulfate de soude. L'élément zinc du couple fut plongé dans cette dernière dissolution, la face inférieure du disque placée parallèlement à la face supérieure de la cloison perméable; et le fil conjonctif fut recourbé de manière que la plaque de cuivre fût opposée par la surface gravée à la face inférieure de la même cloison. Dès l'instant que le circuit fut fermé, le cuivre provenant de la décomposition du sulfate de cuivre vint remplir les sillons tracés par la pointe dans le vernis, de manière à produire les caractères en relief. M. Spencer eut aussitôt l'idée de faire servir ces caractères à l'impression typographique, et il prépara une plaque en cuivre avec laquelle il obtint des épreuves qui furent distribuées dans le public. C'est de là que partit ce savant pour mouler des médailles en opérant exactement, comme nous venons de le dire. Voici comment il décrit lui-même son expérience :

« Je formai, avec la médaille et une rondelle de zinc, un couple voltaïque, comme auparavant; j'y fis déposer une couche de cuivre d'un millimètre d'épaisseur environ ; puis je détachai avec soin, mais non sans quelque peine, le dépôt formé. J'examinai le résultat à la loupe, et je vis tous les détails de ma médaille reproduits avec une merveilleuse fidélité sur la contre-épreuve voltaïque. Je renouvelai de nouveau la même expérience avec la même médaille, car je voulais obtenir un moule plus épais et plus résistant. Je laissai donc le dépôt procéder lentement et atteindre une épaisseur considérable; mais lorsque je voulus le détacher de la médaille, je trouvai les deux surfaces intimement soudées entre elles. »

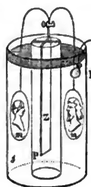
Il n'y a pas très loin de là aux dépôts faits sur des empreintes ou des moules seulement, au lieu des pièces mêmes, pour éviter cet inconvénient. M. Jacobi n'alla pas tout de suite aussi vite que M. Spencer dans la généralisation du procédé ; il se contentait, dans ses premières publications, « d'obtenir, à l'aide d'un courant voltaïque, des épreuves en relief de planches de cuivre gravées, et une contre-épreuve de ces mêmes épreuves, de telle sorte qu'il pouvait multiplier ainsi à l'infini les exemplaires d'une planche de cuivre gravée. » Mais on doit en outre à M. Jacobi l'emploi de l'électrode positif de même nature que le métal qui est en dissolution, afin d'avoir une dissolution toujours au même degré de concentration.

Après ces premières et fondamentales notions historiques, nous nous contenterons de dire que MM. Becquerel, Boqnillon, Elsner, Grove, Mason, Smee, Elkington, Solly, Sorel, Ch. Chevalier, et beaucoup d'autres encore, se sont occupés de faire avancer l'art de la galvanoplastie, sans qu'il soit toujours facile de rapporter chaque perfectionnement à son auteur propre : c'est notre excuse pour ne pas entrer dans une discussion où des noms propres, mais non la science, se trouvent intéressés.

Nous allons commencer par la description des appareils galvaniques qu'il convient d'employer quel que soit d'ailleurs le métal qu'il s'agisse de déposer.

APPAREILS GALVANIQUES.

Appareils simples. Parmi ces appareils, celui que l'on emploie le plus ordinairement est représenté fig. 1046. Dans un vase en verre, en porcelaine ou en faïence, on met la dissolution convenable du métal qu'on veut déposer, par exemple, du sulfate de cuivre *s*, pour recouvrir de cuivre les moules *m*. Au centre de ce premier vase, on en place un autre P, d'un diamètre beaucoup moindre, poreux, fait, par exemple, en porcelaine dégourdie. Dans ce vase P, on met de l'acide sulfurique étendu, de douze ou quinze fois de son poids d'eau, et on y plonge une lame ou un cylindre Z de zinc, amalgamé ou non. Les moules *m* sont mis en communication avec le zinc Z, par un fil de laiton. La dissolution du sulfate de cuivre devant s'épuiser à mesure que le dépôt métallique s'effectue sur les moules, il faut l'entretenir à un degré de saturation constante en y ajoutant de temps à autre des cristaux de sulfate de cuivre, ou mieux en plaçant à la partie supérieure de la dissolution un petit panier ou un sac en toile K rempli de cristaux.



1046.

Au lieu d'employer l'appareil précédent, on peut se servir du suivant, que M. Becquerel décrit à peu près ainsi que nous allons le faire.

On prend une caisse rectangulaire en bois lutée intérieurement avec une substance peu susceptible d'être attaquée par les dissolutions, par exemple avec de la gutta percha (voyez ce mot). On partage cette caisse en deux compartiments par une cloison perméable au liquide et appelée diaphragme. Ce diaphragme peut être en baudruche ou en parchemin, mais il est plus convenable de le faire en gros plâtre de mouleur; il ne faut lui donner que peu d'épaisseur, afin de diminuer le moins possible l'intensité du courant.

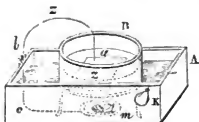
Le premier compartiment contient une dissolution faite à froid de sulfate de cuivre ou de tout autre sel qu'il s'agit de décomposer; dans cette dissolution on fait plonger les moules à quelques centimètres de distance du diaphragme. Dans le deuxième compartiment se trouve de l'eau légèrement acidulée en contact avec une lame de zinc d'une surface à peu près égale à celle des moules, lame qui est placée à un centimètre environ du diaphragme. Quand tout est ainsi arrangé, on établit la conductibilité métallique entre les moules et le zinc.

On entretient le sel constamment au même degré

de saturation, comme dans le cas précédent. Il est bon d'entretenir la température de 40 à 70° pour éviter la cristallisation, et comme, malgré toutes les précautions, la saturation est toujours plus grande au fond que dans le haut, il faut retourner le moule de temps en temps, et cela avec rapidité afin d'éviter toute oxydation.

Un autre inconvénient est l'épaisseur inégale du dépôt, toujours plus abondant à l'extrémité opposée au point d'attache qu'à ce point même. On cherche à y remédier en plaçant plusieurs conducteurs suffisamment longs aux deux extrémités du moule, et en ayant soin de relever derrière ceux qui sont fixés au bord inférieur.

C'est dans le but d'échapper à cet inconvénient d'un dépôt irrégulier qu'on se sert souvent de l'appareil suivant (fig. 1047); il est formé d'une caisse rectangulaire ou cylindrique A, dans laquelle on en met une autre B, dont le fond est un diaphragme maintenu convenablement aux parois de la caisse. Ce dernier vase B est supporté à une dixaine de centimètres du fond du vase A. Le moule *m* est placé horizontalement sur un support à 7 ou 8 centimètres du diaphragme qui fait le fond du vase B. Dans ce vase, rempli d'eau acidulée par l'acide sulfurique, on met horizontalement une lame de zinc Z, ayant à peu près les mêmes dimensions que le moule. Le vase A étant aussi plein du sel à décomposer, on établit le circuit par le fil conducteur *a b c*. Il ne se forme plus alors que quelquefois un bourrelet sur les bords du moule. Cependant pour que le dépôt fût rigoureusement égal en tous les points, il faudrait que toutes les parties du moule fussent à égale distance du zinc, ce qui ne peut s'obtenir qu'en donnant au zinc la forme générale des saillies ou dépressions du moule, ou bien en prêtant cette même forme à la cloison perméable. Sans ces précautions le dépôt est toujours plus considérable sur les saillies que sur les creux.



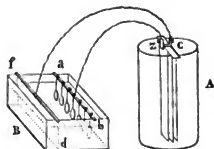
1047.

Quand on juge que le dépôt a acquis une épaisseur suffisante, on lave les pièces à grande eau et on les sèche avec du papier buvard. On détache ensuite les pièces des moules, ce qui se fait facilement quand on a préparé les moules en prenant les précautions que nous indiquerons plus loin.

Appareils composés. Nous avons dit plus haut que l'appareil était composé quand le courant galvanique était produit dans un vase séparé de celui qui contient la dissolution à décomposer. On peut alors employer un courant aussi faible ou aussi énergique que l'on veut en employant un ou plusieurs éléments voltaïques de formes et de grandeurs diverses. On dispose l'opération de la manière suivante (fig. 1048) : A est la pile, B la caisse où on verse la liqueur, le sulfate de cuivre par exemple.

On suspend les moules qu'on veut recouvrir à une tige *a b*; en face, on met une plaque *f d*, du métal qu'on doit faire déposer, une plaque de cuivre dans la circonstance actuelle, pour servir d'électrode soluble. La pile étant chargée on met *f d*, en communication par un fil de laiton avec le pôle cuivre C, et *a b*, en communication avec le pôle zinc Z.

Nous n'avons rien à dire sur la disposition particulière des moules, ni sur l'emploi de la dissolution à décomposer, si ce n'est qu'il est bon d'opérer à une température de 40 à 70°. L'emploi seul de la pile a besoin d'être fait avec discernement ; aussi allons-nous décrire les principaux instruments voltaïques dont on peut se servir dans la galvanoplastie.



1048.

Nous commencerons par parler de l'emploi du zinc amalgamé imaginé par Kemp; il présente trois avantages importants. Le premier, dit M. Becquerel, est que l'équivalent complet d'électricité s'obtient par l'oxydation d'une certaine quantité de zinc, c'est-à-dire que si l'on opère avec l'appareil simple la décomposition d'un sel métallique en dissolution, on obtient un équivalent de zinc consommé, c'est-à-dire, ajouterons-nous, que l'électricité produite dans l'action chimique est tout entière portée sur son récipient quand on emploie le zinc amalgamé, tandis qu'avec le zinc ordinaire il s'en perd une partie. Le second avantage est que le zinc n'est pas attaqué quand le circuit n'est pas fermé, tandis qu'avec le zinc ordinaire l'acide étendu agit constamment. Enfin, le troisième avantage, ainsi qu'il résulte des expériences de M. Faraday, est qu'on obtient une action régulière, tandis que, avec le zinc ordinaire, l'action est très capricieuse et procède par saccades. La régularité de l'action électrique dépend aussi du reste de l'état de pureté de l'acide; on conseille, pour le moment, d'employer de l'acide le plus pur possible, parce que, s'il s'y trouvait de l'acide nitrique, le zinc, quoique amalgamé avec grand soin, serait bientôt détruit sans avoir produit tout son effet utile. Mais il n'est pas prouvé qu'il n'y ait pas certaine substance qui, mise dans l'acide sulfurique, produirait le même effet que l'amalgamation. Les récentes expériences faites par M. Millon sur les phénomènes curieux que présente la décomposition de l'eau par l'acide sulfurique en présence de quantités infiniment petites de matières étrangères, nous semblent imposer une très grande réserve à toutes les prescriptions qu'on serait tenté de donner sur ce sujet.

L'amalgamation s'effectue d'une manière très simple. Dans une soucoupe on verse de l'eau, de l'acide sulfurique pur et du mercure; ensuite, avec une brosse, on prend un peu de ce mélange et on frictionne la surface du zinc jusqu'à ce qu'elle ait acquis une surface brillante.

Les piles qu'il est le plus convenable d'employer sont celles de Daniell, de Grove et de Bunsen; nous allons les décrire, ainsi que la pile du prince Bagration, qui est encore peu connue, peu employée, mais qui mérite d'être essayée, car elle ne coûte presque aucune dépense d'entretien.

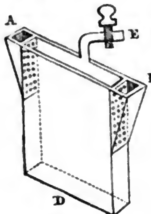
Pile de Daniell. La pile à courant constant de Daniell, telle qu'on l'emploie le plus ordinairement, se compose (fig. 1049) d'un bocal A B, qui contient une dissolution saturée de sel marin, où plonge un cylindre Z D, de zinc amalgamé. Dans l'intérieur de ce cylindre est suspendu un sac E E en baudruche, en toile à voile, ou

en intestin de bœuf, qui contient un cylindre de cuivre C K H, creux, fermé par les deux bouts, et lesté avec du sable, afin qu il reste plongé dans la dissolution de sulfate de cuivre que contient le sac. Pour entretenir cette dissolution de sulfate de cuivre à saturation, des cristaux de ce sel sont placés à la partie supérieure C K du cylindre de cuivre et immergés dans la dissolution de manière a s'y dissoudre, quand elle s'épuise. Deux appendices métalliques sont soudés en Z et en C, pour servir de réophores, ou conducteurs du fluide électrique. Il est inutile de dire qu'on peut établir une batterie de plusieurs éléments semblables à celui que nous venons de decrire en réunissant le cuivre du premier avec le zinc du second, etc. Aussitôt que le circuit est formé, la dissolution de sel marin agit sur le zinc pour le dissoudre, tandis que le sulfate de cuivre laisse déposer son cuivre sur le cylindre C H K; il résulte de là un courant qui est remarquable par la constance de ses effets, c'est-à-dire que la même quantité d'électricité est produite pendant très longtemps.

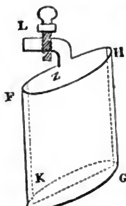
1049.

Cette disposition quoique tres usuelle a un inconvénient, c'est qu'elle ne permet de recueillir que l'électricité dégagée par l'action chimique sur la face du zinc qui regarde la membrane et le cylindre de cuivre. M. Becquerel a modifié la forme précédente afin de recueillir l'électricité dégagée sur les deux faces du zinc. Pour cela il suffit de disposer une auge en cuivre (fig. 1051) A B D, ayant 0^m,18 de hauteur, 0^m,14 de largeur et 0^m,03 d'écartement, munie de deux appendices A et B en biseau, communiquant avec l'intérieur de l'auge par plusieurs ouvertures, et remplis de sulfate de cuivre. Dans cette auge on verse une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et on y plonge un sac de toile a voile F G K (fig. 1052), contenant une lame de zinc Z K, de 0^m,12 de largeur. Deux vis de pression L et E permettent, soit d'assujettir aux deux pôles obtenus les fils conducteurs du courant, soit de serrer le cuivre d'un élément avec le zinc du suivant. On voit bien que chaque face de la lame de zinc est en présence d'une surface de cuivre.

1050.



1051.



1052.

On a encore fait subir plusieurs changements de forme à la pile de Daniell; nous ne citerons plus que le suivant qui est assez avantageux (fig. 1050). A, vase de cuivre; B D, tablette percée de trous pour recevoir les cristaux de sulfate de cuivre qui doivent entretenir à un degré de saturation constante la dissolution de ce sel contenu dans le vase A; E F, vase poreux où se trouve de l'eau faiblement acidulée par l'acide sulfurique ou le sel marin, et où plonge un cylindre de zinc amalgamé G; C et Z, deux vis de pression pour attacher les fils conducteurs des pôles-cuivre et zinc, ou pôles positif et négatif.

Pile de Grove. Il n'y a pas de pile qui ait une plus grande intensité que celle imaginée par Grove, et à cause de cela elle n'est guère employée dans la galvanoplastie. On peut la construire très petite, et cependant avec quatre ou cinq éléments on peut produire les effets les plus énergiques, faire toutes les décompositions et rougir un fil de platine. Ainsi on peut ne donner à chaque couple qu'une dimension de 3 centimètres, en prenant pour diaphragmes des têtes de pipes en terre bouchées par en bas. Dans l'intérieur se trouve le zinc amalgamé plongeant dans de l'eau salée, et à l'extérieur du platine plongeant dans de l'acide nitrique. Le zinc est négatif et le platine positif.

M. Smee a beaucoup simplifié cette pile, en composant ce qu'il appelle une *pile de débris*, pile qui permet d'utiliser les nombreux fragments de zinc et le mercure qui forment les résidus d'expériences faites avec les piles galvaniques. Il place dans le fond d'un vase tous les fragments de zinc, et les couvre de mercure dans lequel il plonge un fil d'argent contenu dans un tube de verre, de manière à ce qu'il ne communique par aucun point avec l'acide sulfurique étendu dont on remplit le vase. Ce fil d'argent est mis en contact par une vis de pression avec le conducteur du moule à recouvrir. D'un autre côté, une plaque d'argent platinisé est suspendue dans le liquide, le plus près possible du mercure, sans y toucher, et est réunie par un fil conducteur et une autre vis de pression avec l'électrode soluble.

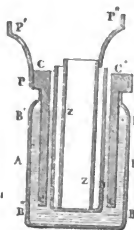
M. Smee a aussi imaginé un élément remarquablement simple (fig. 1053); une plaque d'argent platinisé est entourée par une plaque de zinc recourbée; le zinc est le pôle positif, et la lame platinisée le pôle négatif. Le seul liquide nécessaire pour exciter cette pile est composé d'une partie d'acide sulfurique et de sept parties d'eau. On peut accroître la puissance de l'appareil, en augmentant la dose d'acide qui ne doit cependant jamais former plus du quart de la masse totale du liquide. L'addition de quelques gouttes d'acide nitrique produit encore une augmentation d'intensité du courant, mais cet acide pourrait attaquer l'argent, et il vaut mieux ne l'employer que lorsque la plaque négative est formée intégralement de platine.


1053.

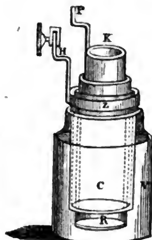
Pour platiniser la plaque d'argent, on commence par rendre sa surface rugueuse, en la brossant avec un peu d'acide nitrique concentré; puis, après l'avoir lavée, on la place dans un vase contenant de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, à laquelle on ajoute quelques gouttes de chlorure de platine. Un vase poreux, dans lequel on a préalablement versé de l'acide sulfurique étendu, est plongé dans le liquide, et reçoit à son tour une lame de zinc. Aussitôt que la communication est établie entre les deux métaux, le platine est précipité à la surface de l'argent, sous la forme d'une poudre métallique noirâtre. La plaque d'argent retirée de l'appareil est alors prête à jouer son rôle (*Traité de Galvanoplastie*, par Walker, traduit par le docteur Fau).

Pile de Bunsen. Cette pile est établie sur les mêmes principes que celle de Grove; elle n'en diffère qu'en ce que le platine est remplacé par un cylindre de charbon.

Elle est d'un service facile et propre, et son prix d'ailleurs est peu élevé; MM. Lerebours, Deleuil, et autres, ne vendent que 4 francs l'élément fait de la manière sui-

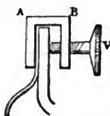


1054.



1055.

vante (fig. 1054). (Description que nous empruntons au *Manuel Roret.*) A B, bocal en verre rempli jusqu'en B' B' d'acide nitrique du commerce; C C', cylindre creux de charbon plongeant dans l'acide jusqu'en B''B'', et soutenu sur le bord du vase par un rebord qui fait corps avec le charbon. Un anneau ou virole en zinc, ou mieux en cuivre, P, s'ajuste à frottement doux sur le cylindre de charbon, et se termine par un appendice P' de né à établir la communication soit avec le zinc d'un autre élément, soit avec l'électrode soluble de l'auge à précipiter, si l'on n'emploie qu'un seul élément. D D, diaphragme en terre poreuse contenant de l'acide sulfurique étendu et le cylindre creux de zinc amalgamé Z Z, qui se termine également par un appendice P'', servant à faire communiquer le zinc avec l'élément charbon d'un autre couple, ou à rattacher le conducteur du modèle qu'il s'agit de recouvrir.



1056.

Ces diverses communications s'établissent au moyen d'un étrier à vis représenté à part (fig. 1056), et en place (fig. 1055) en H. Ce petit appareil si simple, imaginé par M. Lerebours, peut être fort utile dans une foule d'expériences électro-métallurgiques. On aura soin de bien décaper, à l'aide de gros papier de verre, les appendices des deux pôles de la pile, et les rubans de cuivre, bien préférables aux fils du même métal pour établir les communications; l'intérieur des étriers devra aussi être décapé, et les vis seront assujetties de manière à établir un contact parfait entre toutes les parties réunies. La fig. 1055 représente la pile de Bunsen toute montée.

On charge la pile en remplissant à moitié le bocal d'acide nitrique du commerce étendu de son volume d'eau, et le diaphragme, d'eau acidulée très faiblement par l'acide sulfurique.

La pile de Bunsen est d'un prix peu élevé et elle présente une grande énergie d'action sous un petit volume; sous ce double rapport, elle pourra être adoptée par un grand nombre d'expérimentateurs, encore bien qu'ils ne puissent pas toujours la construire eux-mêmes à cause de la difficulté que présente pour quelques-uns la confection des cylindres de charbon.

Sous le rapport de son intensité, M. Bunsen a constaté qu'elle est à peine inférieure à celle d'une pile de Grove de même dimension; un seul couple suffit pour fondre un fil de fer mince, et peut servir aux expériences de galvanoplastie, de dorure, etc.

Le cylindre en charbon est sujet à se casser; il faut donc savoir le préparer, ce qui est facile. On fait un mélange intime et en poudre impalpable de 1 partie en poids de houille et 2 p. de coke: les proportions varient suivant la qualité de la houille dont on augmente la quantité, lorsqu'elle n'est pas assez grasse, afin d'avoir des charbons qui se monillent bien; quelques personnes ajoutent au mélange des charbons, 2 parties de farine de seigle.

Le mélange est introduit dans un moule cylindrique de tôle, au centre duquel on place un petit cylindre de bois ou de carton, afin de ménager dans le charbon une cavité intérieure, et de faciliter le dégagement des gaz pendant la calcination.

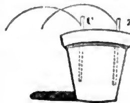
Ainsi rempli du mélange de charbon et de coke, le moule est fermé au moyen d'un couvercle mobile bien assujetti et luté exactement. On le chauffe ensuite progressivement jusqu'au rouge. On prolonge cette calcination jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé.

Cette opération terminée, le charbon est retiré du moule; il peut alors se prêter au travail de la lime et de la scie, sans se briser; il pourrait même recevoir sur le tour la forme convenable.

Toutefois, avant de procéder à cette dernière opération, et pour donner plus de cohésion aux cylindres de charbon, il est indispensable de les tremper à plusieurs reprises dans une solution concentrée de mélasse, de les faire sécher, et de les soumettre à une nouvelle calcination aussi intense que possible.

Pile du prince Bagration. D'après M. Jacobi, qui en a récemment publié la première description, la pile du prince Bagration, d'une construction entièrement nouvelle, l'emporte de beaucoup sur toutes les piles qui ont été imaginées jusqu'à ce jour, et par la constance de ses effets, et par son extrême simplicité, et surtout par le peu de soin qu'exige sa manipulation. Ainsi elle peut fonctionner pendant six semaines et plus, avec une constante régularité, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter le moindre changement. D'ailleurs elle est d'une construction tellement simple qu'elle peut être établie dans toutes les localités et par les personnes les plus étrangères aux manipulations chimiques et physiques. Enfin elle ne coûte presque rien. L'invention de cette pile est donc évidemment de nature à opérer une révolution véritable dans l'art de réduire les métaux, et à résoudre plusieurs questions d'industrie encore obscures.

On prend un pot à fleur ou tout autre vase imperméable à l'eau. On le remplit de terre saturée d'une dissolution assez concentrée d'hydrochlorate d'ammoniaque ou sel ammoniac. On y place ensuite à quelque distance l'une de l'autre une plaque de cuivre C et une plaque de zinc Z (fig. 1057). On obtient ainsi un couple voltaïque dont l'action peut se maintenir constante pendant des mois entiers et même des années, si on a soin d'humecter de temps en temps la terre, et de renouveler la plaque de zinc lorsque, par un long usage, elle sera presque entièrement dissoute.



1057.

Avant de mettre la plaque de cuivre dans la terre, il est bon de la plonger pendant quelques minutes dans une solution de sel ammoniac, et de laisser sécher jusqu'à ce qu'une oxydation prononcée se manifeste à sa superficie.

Il ne faut pas placer les deux plaques trop près l'une de l'autre; elles ne doivent pas non plus être trop petites, afin de pouvoir vaincre la résistance que la terre oppose au passage du courant.

Plusieurs éléments de cette pile peuvent être réunis en séries au moyen de conducteurs convenables. Elle devient alors susceptible d'un grand nombre d'applications, surtout dans les cas où l'on recherche moins des effets énergiques qu'une action constante, régulière et prolongée, par exemple, lorsqu'il s'agit de réduire les métaux à l'état très malléable.

La batterie dont s'est servi M. Jacobi pour faire ses expériences d'essai, se composait de vingt-quatre éléments; il recommande d'isoler avec soin les vases qui contiennent chaque couple.

Voici maintenant la théorie que ce savant a essayé de donner de cette nouvelle pile, sans toutefois en garantir l'exactitude et la précision. Suivant lui, « la constance d'action provient de ce que l'hydrogène qui devrait se développer à la surface du cuivre est employé à réduire la couche du sel double de ce métal, qui se forme par l'action chimique du sel ammoniac sur le cuivre, de telle sorte que la constance d'action pourrait être considérée comme l'expression d'une espèce d'équilibre entre cette action chimique et la réaction galvanique. La terre ferait ici l'office d'un diaphragme poreux qui empêcherait le sel de zinc d'aller se réduire sur le cuivre par l'action du courant, et qui s'opposerait en même temps à ce que le zinc ne puisse réagir chimiquement sur le sel de cuivre. Il n'est pas impossible non plus que la terre, comme tout corps poreux, absorbe les bulles d'hydrogène qui, dans les piles ordinaires, recouvrent l'élément négatif, et diminuent ainsi la force électrique. »

Sans doute cette théorie est encore obscure, mais elle ne l'est peut-être pas davantage que celle des deux fluides, admise pour expliquer tous les phénomènes électriques. Nous engageons vivement tous les industriels qui s'occupent de dépôts métalliques, soit dans la dorure, argenture, ou autres procédés analogues, soit dans la galvanoplastie, à faire des essais avec cette nouvelle pile. Elle présente sur tous les autres appareils un avantage énorme dont nous n'avons pas encore parlé; elle ne répand aucune émanation acide. Cet avantage sera vivement apprécié par tous ceux qui tiennent à rendre les ateliers moins insalubres.

DES BAINS.

Les appareils à l'aide desquels on doit décomposer les diverses combinaisons métalliques employées dans la galvanoplastie, étant maintenant décrits, nous allons donner quelques détails sur les combinaisons elles-mêmes.

Bains d'or. On n'emploie dans la galvanoplastie que les bains que nous avons décrits à l'article DORURE, soit pour la dorure galvanique, soit même pour la dorure par immersion; d'ailleurs, on ne dépose l'or qu'exceptionnellement, afin de dorer les précipités de cuivre qu'on cherche à obtenir plus généralement.

Bains d'argent. Les bains dont on se sert dans l'argenture peuvent tous être employés en galvanoplastie. De tous les sels dont on peut se servir, le nitrate d'argent est le moins convenable. Le sulfate d'argent convient bien pour les métaux qui ont plus d'affinité pour l'oxygène que l'argent. Le choix du sel que l'on doit employer dépend donc de la nature du moule, qui peut être d'or, de platine, d'argent, de cuivre, de charbon, ou d'une matière plastique recouverte d'une de ces substances.

Bains de platine. Les dissolutions du platine sont celles du platinage (voir DORURE). Nous ajouterons seulement que M. Boettger annonce qu'il est parvenu à obtenir un dépôt de platine d'une grande adhérence, d'un éclat spéculaire, et résistant à l'action des acides, même bouillants, au moyen d'une solution de chlorure double d'ammoniaque et de platine dans l'eau bouillante, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque liquide quand elle est arrivée à une température modérée, et que l'on soumet à l'action de la pile quand elle est encore chaude; cela mérite confirmation.

Bains de nickel. Le nitrate de nickel ou le sulfate ammoniacal de protoxyde de ce métal peuvent être employés.

Bains de cuivre. Voici ce qu'en dit M. Becquerel: « Le sulfate, le chlorure, le nitrate et l'acétate, sont les combinaisons employées, mais surtout le premier sel, en raison de son prix peu élevé. Ce sel offre une résistance considérable au passage du courant galvanique; aussi augmente-t-on le pouvoir conducteur de la dissolution en y ajoutant une petite quantité d'acide sulfurique ou nitrique. Suivant M. Smee, une dissolution qui renferme 500 grammes de ce sel, 2 kilogr. d'eau, et un tiers à moitié de son volume d'acide sulfurique étendu de huit parties d'eau, est d'un bon usage, surtout quand on opère sur des substances non conductrices, recouvertes d'une couche de plombagine.

« L'addition d'acide nitrique a cela d'avantageux, que l'acide attaque l'électrode soluble, ce qui facilite le passage du courant en rendant la dissolution plus forte. Il faut bien se garder d'ajouter un acide quand la matière du moule est plus oxydable que le cuivre. MM. Jacobi et Spencer ont émis l'opinion qu'il y a toujours inconvénient à se servir d'une dissolution acide; cependant beaucoup de personnes en font usage.

« Le nitrate de cuivre exige un courant initial moins fort pour être décomposé; mais son prix élevé ne permet pas de l'employer dans les opérations en grand. M. Smee emploie 500 grammes de ce sel et un litre d'eau acidulée, avec 16 grammes d'acide nitrique concentré. Avec cette dissolution, on peut obtenir très promptement une plaque de cuivre. L'électrode soluble en cuivre doit être de la même dimension que le moule, et ils doivent être placés à un centimètre de distance.

« Le chlorure ne présente aucun avantage, ainsi que les autres sels solubles de cuivre.

« L'électrode soluble est toujours en cuivre; quant au moule, il peut être fait de plombagine, de charbon, d'or, d'argent, de platine, de palladium, de nickel, et même de cuivre. »

Bains de zinc. Le sulfate de zinc est le bain qu'on emploie ordinairement.

Bains de plomb. L'acétate très étendu, acidulé avec de l'acide acétique, ou une petite quantité d'acide nitrique, est le sel que M. Becquerel conseille d'employer.

Bains d'étain. L'étain, ainsi que le plomb, présente beaucoup de difficultés à la réduction par la pile. On peut se servir de la dissolution d'étain dans l'eau régale, acidulée par l'acide nitrique.

Dans ces courts détails sur les dissolutions à employer en galvanoplastie, nous n'avons pas attiré expressément l'attention du lecteur sur quatre conditions essentielles, d'où dépend complétement le succès de l'opération, et qui malheureusement n'ont pas encore été clairement formulées en lois nettes et précises. Ce sont: 1° l'intensité de la pile; 2° le degré de concentration et de conductibilité de la dissolution; 3° sa température; 4° la disposition et la grandeur relatives des deux électrodes. Ainsi que l'a remarqué M. Boquillon, qui est, de tous ceux qui se sont occupés de galvanoplastie, celui qui a fait les observations les plus circonstanciées sur l'état moléculaire des dépôts métalliques, ces dépôts peuvent être durs et cassants comme de l'acier, mous et flexibles comme du plomb, posséder des qualités intermédiaires, ou bien être formés d'une poudre noire ou de cristaux plus ou moins considérables, selon que les quatre conditions sont entre elles dans certaines relations. Ces relations sont encore mal définies, et nous nous fions bien mieux à l'habitude acquise au bout de quelques jours d'essai, qu'à toutes les règles vagues fournies jusqu'à présent.

Dans tous les cas, voici ce que M. Boquillon a observé. Toutes choses égales d'ailleurs, un électrode positif plus grand que l'électrode négatif ou moule, tend à produire sur ce dernier un dépôt cristallin, qui va jusqu'à l'état pulvérulent, si la différence de leurs dimensions est très considérable. Le contraire a lieu si l'électrode négatif est plus grand que l'électrode positif. L'élévation de la température tend à produire de semblables effets.

Si l'on considère trois cas, que dans le premier la dissolution soit complétement saturée, que dans le second elle le soit moins, et que dans le troisième le sel ne se trouve qu'en très petite quantité, ainsi que l'a fait M. Boquillon, il pourra arriver que le dépôt obtenu dans le premier cas soit dur, cassant, que celui du second cas soit plus flexible, et que le dépôt du troisième cas soit formé d'une masse spongieuse de cristaux non agrégés, et finisse par ne présenter qu'une poudre noire très divisée, n'ayant aucune adhérence. Eh bien, si l'on affaiblit l'intensité du courant, le troisième dépôt deviendra ce qu'était le second dans la première expérience. Le second dépôt sera plus mou, et enfin le premier pourra avoir les propriétés du second.

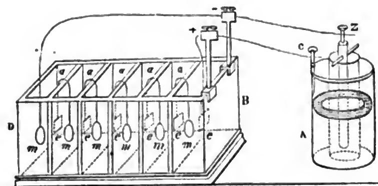
Cela donne un exemple des nombreux phénomènes qui se passent dans ces actions, encore trop peu étudiées.

On peut augmenter l'intensité du courant galvanique, tout en conservant la même pile, extérieure à la dissolution, par le procédé suivant, qui est surtout employé quand on agit sur une dissolution difficile à réduire; ce sont plusieurs appareils simples (fig. 1058) réunis en pile :

A, élément de Daniell.

B, auge divisée en six compartiments au moyen de diaphragmes poreux.

Sur ces diaphragmes sont placés à cheval cinq fils métalliques pliés, *a a a*, supportant à une extrémité un moule *m*, plongeant dans l'un des compartiments, et à l'autre extrémité un électrode soluble *e*, plongeant dans le compartiment voisin, de l'autre côté de la cloison poreuse.



1058.

Toutes les auges sont pleines de sulfate de cuivre, par exemple, et l'élément voltaïque A est chargé. Alors on met le pôle positif C en communication avec un électrode *e*, dans le compartiment extrême B, qui fait communiquer le compartiment B et le compartiment D, et alors on fait arriver dans ce dernier sur le moule *m* le conducteur négatif attaché au pôle zinc Z; au bout de deux minutes ce moule sera recouvert, et on n'aura plus à craindre l'action chimique qu'il aurait pu subir. Cela fait, on retire du compartiment D, l'extrémité du fil qui reliait les deux compartiments extrêmes, on le plonge dans le compartiment voisin de D, et on place le premier fil plié, *eam*; au bout de quelques instants, le nouveau moule sera encore recouvert. On agit de même pour le troisième compartiment, et ainsi de suite. Toutes ces précautions étant prises, on comprend bien comment il se fait que l'intensité du courant soit multipliée, puisque deux compartiments voisins, séparés par une cloison supportant un fil *e a m*, constituent un appareil simple.

DES MOULES.

Tout corps conducteur du courant électrique peut être employé à former un moule propre à la galvanoplastie, pourvu qu'il ne soit pas de nature à être attaqué par la dissolution, et à réagir sur le métal précipité. Un moule non conducteur, satisfaisant à ces mêmes conditions, peut aussi être employé quand on prend la précaution de donner à sa surface la faculté conductrice par une couverte très mince d'un corps conducteur en poudre.

Moules métalliques. Les corps conducteurs susceptibles de donner des moules sont : les métaux, le charbon bien calciné et la plombagine. Or, la dissolution la plus communément employée dans les opérations galvanoplastiques est le sulfate de cuivre, sur lequel, comme on sait, agissent le zinc, l'étain et le fer. Ces trois métaux usuels ne pourront donc pas être employés pour faire des moules. Le platine et l'or réunissent bien toutes les conditions voulues, mais leur prix élevé ne permettra pas qu'on les emploie dans des opérations en grand.

Ces exceptions posées, il ne reste parmi les métaux usuels que l'argent, le cuivre et le plomb, ainsi que les alliages de ce dernier pour la fabrication des moules métalliques.

L'argent, ne pouvant être précipité que par l'or et le platine, doit être employé pour réduire les métaux, quand on veut que le dépôt précipité soit d'une grande pureté.

Les feuilles d'argent pur, dit M. Smee dans ses éléments de galvanoplastie traduits par M. de Valicourt, dont l'épaisseur est calculée de manière à peser 3 grammes 333 milligr. par décimètre carré de surface sont employées par les faux monnoyeurs dans leur coupable industrie; le procédé qu'ils suivent consiste à mettre la pièce de monnaie qu'ils veulent imiter sur une planche de bois ; sur cette monnaie, ils appliquent une feuille d'argent, puis ils frappent doucement sur cette dernière jusqu'à ce qu'elle présente une copie fidèle de l'original, résultat qui ne tarde pas à être obtenu : cela fait, ils recommencent la même opération pour la face opposée. Les deux disques d'argent sont ensuite soudés par leurs bords; et le fabricant commet un crime et risque sa tête pour la pièce de fausse monnaie qui lui a coûté tant de peine. Sans doute le lecteur n'aura pas même l'idée de recourir à cette fraude, et il n'est pas nécessaire d'en dire davantage ; mais on comprendra facilement que le même procédé peut être mis en usage, avec une meilleure intention, par l'électro-métallurgiste, pour obtenir un moule.

On obtient des moules très avantageux avec le cuivre en opérant un dépôt électro chimique de ce métal sur la pièce originale ou sur un plâtre convenablement métallisé comme il sera dit plus loin.

Le plomb en feuilles préalablement dépouillé à l'aide du raclage de l'oxyde qui le ternit, puis aplati en le mettant sur une plaque de fer qu'on soumet à l'action d'une presse, peut recevoir l'empreinte de la gravure la plus délicate; il suffit pour cela d'appliquer l'objet à copier sur la feuille de plomb, et cette dernière sur la plaque de fer, et de comprimer le tout à l'aide du cylindre d'une presse. Cette méthode est parfaite et suffit pour tous les cas. La pression à l'aide d'un rouleau est beaucoup plus forte qu'une pression directe, quoique

les instruments employés par les estampeurs soient doués d'une grande énergie.

Cette méthode revient à faire un *clichage par compression;* elle exige que les objets dont on veut avoir une empreinte soient composés d'une matière assez résistante pour supporter la pression à laquelle ils sont soumis. Il est préférable, pour cette raison, de faire un *clichage par percussion à froid.* Un coup de poing ou de marteau appliqué sur une médaille placée sur une lame de plomb bien nettoyée et brillante suffit pour donner une empreinte parfaitement nette, et on peut copier de la même manière un cachet en cire à cacheter. On ne pourrait obtenir ce résultat par une simple pression, mais on y parvient par un coup sec.

Les alliages de plomb que l'on peut employer sont la soudure des plombiers, le métal fusible de d'Arcet, le métal fusible de Newton, l'alliage qui sert à la fonte des caractères typographiques, et le métal en usage en stéréotypie. Nous renvoyons pour la fabrication de ces composés aux mots ALLIAGES et STÉRÉOTYPIE.

Pour fabriquer des moules avec tous les alliages fusibles il faut avoir recours aux procédés du clichage par fusion seule, ou par fusion et percussion, procédés qu'on trouvera décrits aux articles POLYTYPIE, STÉRÉOTYPIE et MOULAGE EN MÉDAILLES.

Toutefois pour les personnes qui tiendraient à ne pas avoir recours aux clicheurs de profession, nous dirons quelques mots des moyens qu'elles peuvent employer pour clicher des médailles à la main.

Afin d'obtenir des empreintes avec la soudure des plombiers, il suffit de prendre une partie de cet alliage en fusion, de le verser sur un morceau de papier placé lui-même sur un morceau de drap, d'appliquer la médaille sur l'alliage, de mettre par-dessus une planchette de bois et de frapper un coup sec.

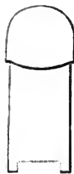
Avec l'alliage de d'Arcet, ainsi que l'indique M. Walker, il suffit de le couler liquide dans le couvercle d'une boîte en carton, et quand il est dur ou pâteux, prêt à se solidifier, ce qu'on reconnaît quand sa couleur passe du brillant au mat, on laisse tomber dessus, de 8 à 10 centimètres de hauteur, la médaille qui doit être froide. On doit avoir eu soin, avant de laisser tomber la médaille, de débarrasser la superficie du métal de la couche d'oxyde qui a pu s'y former, en la raclant avec une carte.

M. Walker a perfectionné son procédé de clichage de la manière suivante :

« Formez un alliage, ainsi qu'il a été dit précédemment, avec les métaux ci-après :

Bismuth.	8 parties
Etain.	4
Plomb.	5
Antimoine	1

« Tournez alors un mandrin cylindrique de bois et creusez, à l'une de ses extrémités, une cavité du diamètre exact de la médaille et un peu moins profonde que son épaisseur (fig. 1059).



1059.

« Faites-y entrer cette médaille en l'assujettissant, s'il le faut, avec un peu de papier.

« Placez sur une table une petite capsule de fort papier ayant des bords de 6 à 8 millimètres de hauteur. Huilez légèrement le fond de cette capsule, et versez-y une certaine quantité d'alliage en fusion. Remuez le métal avec deux cartes jusqu'à ce qu'il prenne une consistance pâteuse, et qu'il paraisse sur le point de se cristalliser. Ayez alors une gaîne cylindrique de carton de 7 à 8 centimètres de hauteur et d'un diamètre plus grand que le mandrin, placez-la vivement au-dessus de la capsule, et prenant rapidement le mandrin d'une main, frappez un coup léger et bien d'aplomb sur le métal contenu dans la capsule. La gaîne de carton a pour but d'empêcher le métal de s'éparpiller au moment de la percussion, ce qui pourrait brûler l'opérateur. »

Enfin M. Bœttger propose d'employer un alliage fondant à 108 degrés et composé de :

Plomb.	8 parties
Bismuth.	8
Etain.	3

Lorsque la combinaison des métaux a été bien opérée au moyen de plusieurs fontes répétées, on verse une partie de l'alliage dans une petite capsule de carton ; on l'agite avec un fil de fer chauffé au rouge jusqu'à ce qu'il soit prêt à se solidifier ; puis, au moment précis où le métal forme une pâte homogène, on y applique la médaille préalablement chauffée au point de pouvoir la tenir encore dans la main ; on l'appuie alors fortement au moyen d'un tampon de bois garni d'un disque de liége, et on maintient la pression jusqu'à ce que le métal soit presque entièrement refroidi.

Dans tous ces procédés, du reste, le moule ne doit être séparé de la médaille qu'après son entier refroidissement.

L'imperfection de ces méthodes et le manque d'habitude de ces opérations, qui exigent de la précision, doivent engager les opérateurs à avoir recours aux procédés exacts des clicheurs pour tous les ouvrages soignés, comme planches typographiques, etc.

Moules plastiques. Ces moules sont faits en cire à cacheter, cire vierge, cire composée, stéarine, papier, plâtre, soufre.

Cire à cacheter. Il importe d'employer de la cire à cacheter de la meilleure qualité (voir ce mot) pour obtenir des empreintes exactes. Les graveurs prennent les empreintes de la manière suivante : ils présentent une carte au-dessus de la flamme d'une bougie, en frottant doucement la partie chauffée avec un bâton de cire. Quand ils jugent qu'il y en a assez de déposée, ils appliquent le cachet. Pour obtenir de larges empreintes, on enflamme, au moyen d'une bougie, un bâton de cire sur une longueur de 8 à 10 centimètres. On reçoit ensuite sur une carte les gouttes de cire fondue. Quand on en a une quantité suffisante, on éteint, on remue en tournant jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles d'air, et alors on applique l'objet qu'on veut reproduire, en le maintenant sur la cire avec une forte pression. Si l'objet est en métal, il absorbe la chaleur et n'adhère point à la cire ; mais si l'objet n'est pas métallique, il faut plonger le tout dans l'eau froide, afin de pouvoir faire la séparation. Si l'objet est en bois, il faut le frotter préalablement avec de l'huile d'olive.

Cire vierge. On place l'objet légèrement huilé à la surface d'une espèce de sac en papier, et on y verse ensuite la cire fondue, en ayant soin qu'aucune bulle d'air n'adhère au modèle.

Quand le modèle est en plâtre, on lui fait absorber à saturation de l'eau chaude, mais pas cependant au point que cette eau paraisse à la surface ; on met alors le plâtre dans l'espèce de sac dont nous avons parlé, et on verse la cire. On laisse refroidir dans un endroit frais, et la cire se sépare ensuite facilement du plâtre.

Comme la cire et les substances analogues éprouvent un retrait notable en se refroidissant, il est bon d'employer un mélange de parties égales de cire jaune et de résine. On le fait d'abord fondre, puis on le laisse reposer jusqu'à ce que toutes les bulles aient disparu, et que la composition ait acquis la consistance de la mélasse. On la coule alors sur l'objet, comme on le fait pour la cire.

Stéarine. Au lieu de cire, on peut employer la stéarine, ou mieux encore un mélange de 32 parties de blanc de baleine, 7 de cire, et 7 de graisse de mouton fondue et passée; il est bon d'ajouter au mélange une petite quantité de plombagine.

Cette plombagine est introduite, afin de donner au moule une certaine conductibilité. C'est pour cette raison que M. Lockey conseille d'employer : cire et stéarine, parties égales; plombagine lavée et tamisée, une demi-partie. C'est encore pour cela que M. Mayo fait un mélange de cire blanche et de blanc de céruse broyé très fin.

Papier et plâtre. Nous ne dirons rien ici des moyens de couler le plâtre, et de faire des moules en papier, carton pierre, etc.; on trouvera sur cet objet les détails nécessaires à l'article MOULAGE. Mais ce que nous devons donner, ce sont les moyens d'empêcher les moules faits avec les substances d'absorber les dissolutions métalliques.

Après avoir bien nettoyé les surfaces, on les brosse avec un peu d'huile siccative de lin ou de noix, qu'on a fait chauffer jusqu'à l'ébullition, afin qu'elle sèche le plus promptement possible, quand elle est appliquée sur l'objet. Il faut bien prendre garde d'en employer une trop grande quantité; car, en se desséchant, l'huile superflue remplirait les petites cavités du modèle et en altérerait le dessin. Lorsque les moules en papier ont été ainsi traités, et qu'ils ont séché pendant 24 heures, ils sont tout à fait propres à recevoir les substances conductrices dont nous parlerons tout à l'heure.

Le meilleur moyen de traiter les moules en plâtre consiste dans la préparation suivante : on les place dans une soucoupe plate, soit avec de la cire seulement, soit avec un mélange de parties égales de cire et de colophane préalablement fondues. On ne doit en mettre que la quantité nécessaire pour ne pas excéder la moitié de la hauteur du moule. On augmente un peu la température pour rendre la matière tout à fait fluide, et on frotte alors le plâtre chaud avec le liquide qui est absorbé en peu d'instants. On retire le moule et on l'égoutte de telle sorte, qu'il ne reste plus à sa surface aucune portion de la composition, et qu'il soit parfaitement uni.

Voici une table des substances qui peuvent être appliquées sur le plâtre, et que M. Smee a expérimentées avec succès; on peut se les procurer toutes facilement et à bon marché :

Le suif.	L'huile de noix.
La stéarine.	Une dissolution de colophane et de térébenthine.
Le blanc de baleine.	
La cire vierge.	
La cire et la colophane.	Le baume du Canada.
La colophane.	Le vernis au mastic.
L'huile de lin.	Le vernis blanc.
L'huile siccative ou litharгirée.	Le vernis à la gomme laque.

Soufre. Le soufre donne des empreintes extrêmement délicates; mais il a l'inconvénient grave de se combiner avec le métal précipité, aussitôt qu'il est en contact avec lui, pour former un sulfure. On remédie à cet inconvénient en revêtant le moule formé d'une légère couche de vernis.

MÉTALLISATION DES MOULES.

Une fois le moule plastique formé, il faut métalliser sa surface pour qu'il devienne conducteur du courant galvanique. La couche conductrice doit être excessivement mince, afin de n'altérer en rien les reliefs et les creux de l'objet que l'on veut représenter. On métallise les moules soit par les solutions, soit par les poudres métalliques.

Solutions métalliques. On imbibe la surface du moule d'une solution métallique, et on réduit ensuite le métal, soit par l'action de la lumière, soit au moyen d'une vapeur ou d'un gaz que l'on fait arriver sur la surface.

M. Boquillon applique sur le moule toute la quantité de la solution de nitrate d'argent que celui-ci peut retenir, et laisse le liquide s'évaporer sous l'influence de la lumière; il répète cette opération aussi souvent qu'il est nécessaire pour avoir une surface continue et d'un beau noir. Il lave légèrement la surface du moule avec de l'ammoniaque faible, et trempe celui-ci dans le nitrate d'argent qui le mouille alors parfaitement; il traite ensuite par la manière de M. Spencer, que nous allons donner. Au lieu de laver avec l'ammoniaque, on peut employer le chlorure ou le nitrate d'argent dissous dans l'ammoniaque.

M. Spencer opère de la manière suivante :

Dans un flacon contenant un peu d'essence de térébenthine, d'alcool absolu ou d'éther sulfurique, on fait dissoudre un peu de phosphore, et on garde ce flacon bouché. D'un autre côté, on prépare aussi une solution étendue de nitrate d'argent cristallisé, ou bien encore de chlorure d'or ou de platine que l'on conserve également dans un flacon.

Lorsqu'on veut métalliser un moule, on y applique, au moyen d'un pinceau très doux, une couche de la dissolution métallique. On verse alors dans une capsule, ou simplement dans un verre de montre, quelques gouttes de la préparation phosphorée; on chauffe doucement sur un bain de sable, et dès qu'il commence à se dégager des vapeurs, on expose à leur action le moule enduit de la solution métallique qui, à l'instant même, change de couleur, devient brun, et bientôt d'un noir de plus en plus foncé. Le moule peut alors être employé.

Pour préparer ainsi de petits objets, tels que des médailles, on peut les fixer, soit au fond d'un verre, d'un entonnoir, d'une cloche de verre ou de tout autre vase, suivant leurs dimensions; on place au-dessous de ce vase la capsule qui contient la préparation phosphorée, de manière à ce que toutes les vapeurs se trouvent recueillies sous cette espèce de récipient.

On peut même se dispenser de l'action des vapeurs de phosphore, il suffit d'exposer les moules à l'influence de la chaleur ou des rayons solaires pour déterminer la revivification du métal à leur superficie. Ce moyen n'est pas applicable aux moules en cire.

Pour réussir plus sûrement dans cette préparation, M. Meillet recommande les précautions suivantes :

Lorsque la solution métallique doit être appliquée sur des matières grasses ou résineuses, il est utile d'y ajouter un peu de gomme arabique.

On peut employer des sels de plomb et de mercure en dissolution.

On peut aussi remplacer la préparation de phosphore par un courant de gaz hydrogène qu'on fait arriver sous le récipient où est placé l'objet à métalliser.

Poudres métalliques. Les préparations précédentes ne réussissent pas toujours, car on observe souvent, sur les moules, des fissures qui détruisent la conductibilité électrique. Il est préférable d'employer la métallisation par les poudres métalliques, et surtout par la plombagine ou graphite.

Les poudres métalliques employées sont celles de cuivre et d'argent.

Pour avoir une poudre de cuivre très divisée, on précipite le cuivre d'une solution bouillante de son sulfate par du zinc métallique; on sépare ensuite le cuivre du zinc en excès par l'acide sulfurique étendu, et on sèche, à une douce chaleur, la poudre obtenue

Quant à la poudre d'argent, on la prépare en faisant bouillir avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique

et du zinc pur, du chlorure d'argent récemment précipité du nitrate par du sel marin et bien lavé.

Voici un autre moyen, indiqué par M. Oechsle, pour obtenir l'argent en poudre à l'aide de la pile galvanique. Nous en empruntons la description au *Manuel Roret*.

Après avoir lavé du chlorure d'argent jusqu'à ce qu'il ne renferme plus de traces d'acide, on le fait sécher jusqu'à consistance d'une bouillie épaisse, et on le mélange en cet état avec une solution saturée de sel marin ; on le verse alors dans une capsule ou autre vase en terre poreuse. Dans un second vase en porcelaine et assez grand pour contenir le premier, on place sur deux tasseaux en verre une plaque de zinc amalgamé, puis on y verse de l'acide sulfurique étendu de 20 à 25 fois son poids d'eau. On met alors sur la plaque de zinc deux autres tasseaux de verre sur lesquels on place le tube poreux contenant le chlorure d'argent. La lame de zinc est mise en communication avec le liquide du tube poreux, au moyen d'un fil d'argent ou de platine qui plonge dans ce dernier. Il se manifeste aussitôt une action galvanique. Au bout d'une demi-heure, on remarque que le chlorure d'argent a pris une teinte grisâtre ; bientôt après il se réduit à l'état métallique. On laisse fonctionner l'appareil jusqu'à ce que tout le chlorure soit réduit, ce que l'on reconnaît à ce que, en l'agitant, la liqueur ne prend plus une apparence laiteuse et reste parfaitement limpide ; on décante alors la solution de sel commun, et l'on fait sécher la poudre d'argent.

La plombagine qu'on doit préférer doit être légère, pas trop dure, nette, unie, luisante, argentée et d'un grain fin et serré ; sa pesanteur spécifique est alors d'environ 2,089. Souvent, dans le commerce, elle est falsifiée par du molybdène sulfuré, et alors elle n'est pas suffisamment conductrice et efficace.

M. Boquillon applique de la manière suivante les poudres conductrices. Le plâtre et les matières poreuses qui ont été imprégnées d'une substance grasse ou résineuse sont dans un état favorable à l'application. Si l'on chauffe modérément le moule de manière à rendre la surface légèrement onctueuse, on peut appliquer la poudre métallique avec un pinceau fin de blaireau. On peut encore placer le moule au milieu de la fumée peu dense produite par la combustion imparfaite d'un corps gras, tel qu'un mélange de cire et de résine. La couche infiniment mince qui se dépose sur la surface conserve assez longtemps la propriété de happer les poudres métalliques ou la plombagine appliquée avec un pinceau. On peut aussi employer l'huile grasse des mouleurs en plâtre, en en faisant prendre au moule autant qu'il est possible, et en desséchant l'huile avant l'immersion dans la dissolution à décomposer. Les parties du moule qui ne doivent pas recevoir de dépôt doivent être recouvertes d'un vernis.

Métallisation des poteries et du verre. Dès qu'une surface est rendue conductrice, quelle que soit la nature du corps qu'elle recouvre, on peut la revêtir d'une couche métallique par les procédés de la galvanoplastie ; on peut donc, par ces procédés, recouvrir les diverses poteries et le verre de couches d'argent, de cuivre, etc., si, à l'avance, on les a recouverts d'une couche de plombagine ou d'une poudre métallique. Or, il suffit, pour cette dernière opération, de répandre sur les poteries et le verre une couche de vernis capable de happer les poudres conductrices.

Selon M. Simson, on peut employer avec succès un autre procédé pour métalliser le verre, procédé qui évite l'inconvénient d'avoir une substance étrangère, un vernis, entre le verre et le métal.

L'objet en verre que l'on veut recouvrir de métal est soumis à la vapeur de l'acide hydro-fluorique, jusqu'à ce que sa surface prenne un aspect mat et dépoli. Il est alors facile d'y appliquer, au moyen d'une estompe de liége ou de peau, une couche excessivement mince de graphite qui y adhérera avec la plus grande force, grâce aux aspérités du verre.

Dérochage et décapage. Les moules plastiques, recouverts d'une couche conductrice par les procédés précédents, sont en état d'être plongés dans les bains à décomposer. Quant aux moules métalliques, ils doivent être d'abord dérochés et ensuite décapés. Nous n'avons rien à ajouter aux procédés de décapage donnés à l'article DORURE. Pour le dérochage on ne pourra pas employer celui que nous avons indiqué, et qui commence par un recuit, lorsqu'on aura affaire à des moules fusibles ou très délicats. Dans ce cas, et surtout lorsqu'on aura des soudures à l'étain, il faudra dérocher simplement avec une eau légèrement acidulée par de l'acide hydrochlorique, et laver dans une eau chaude acidulée par un peu d'acide sulfurique.

DES SOUDURES.

Pour établir la communication entre le moule et le pôle négatif de l'appareil voltaïque, on prend pour conducteur une bande de cuivre ou de plomb, et si le moule est métallique, on le soude sur les bords de la manière suivante :

Soudure au chlorure de zinc et à l'étain. On commence par faire du chlorure de zinc en attaquant le zinc par l'acide hydro-chlorique, et évaporant jusqu'à consistance sirupeuse ; on renferme la liqueur dans un flacon bouché à l'émeri. Pour s'en servir pour souder, on en humecte légèrement, avec un pinceau, les deux surfaces à réunir, préalablement grattées avec un racloir ; on les étame ensuite facilement avec le fer à souder et un peu de soudure d'étain ; puis, après les avoir mises exactement en contact, on achève la soudure, soit avec le fer, soit au moyen d'une lampe à esprit-de-vin.

Soudure à la stéarine. Le procédé de soudure employé par M. Lockey est encore plus simple et plus facile que le précédent, puisque chacun a sous la main la stéarine, seul corps qui soit nécessaire pour désoxyder les métaux, et déterminer leur adhérence à l'aide de la soudure d'étain.

On commence par nettoyer les pièces qu'on veut souder, soit avec un grattoir, ou même avec du papier de verre. On chauffe ensuite l'objet sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, et on le frotte légèrement avec un morceau de stéarine. On applique alors, sur le point chauffé, un morceau de soudure très mince, qui s'étend aussitôt et se combine intimement avec la surface du cuivre. La même opération est répétée sur la pièce qu'on veut souder avec la première. On maintient ensuite les deux objets en contact à l'aide d'une pince plate, on les chauffe simultanément, et on continue de les maintenir avec la pince jusqu'à ce qu'ils soient refroidis.

Quand le moule est formé avec une matière non conductrice, on pratique des ouvertures dans son intérieur, afin d'y introduire des conducteurs après y avoir amené la métallisation ; les précautions à prendre dépendent des pièces sur lesquelles on opère.

APPLICATIONS DE LA GALVANOPLASTIE.

§ 1. *Reproduction des monnaies et médailles.*

Pour reproduire une monnaie ou une médaille, on peut opérer de trois manières :

1° On opère directement sur la pièce en la plaçant au pôle négatif, après avoir pris des précautions suffisantes pour empêcher l'adhérence, précautions qui consistent à passer sur l'original une couche très légère d'une substance grasse, telle que l'huile, la cire, la stéarine, le suif, etc., que l'on enlève ensuite le plus possible en essuyant avec un linge fin. On obtient ainsi en creux une image, sur laquelle on opère de nouveau pour avoir une reproduction en relief;

2° On prend l'empreinte de la pièce avec un allinge fusible, de sorte que la première opération galvanoplastique donne le relief;

3° On prend l'empreinte avec une des substances plastiques précédemment indiquées.

Dans les trois cas, il faut éviter avec le plus grand soin l'adhérence des bulles d'air au moule; car, sans cela, on ne pourrait pas en reproduire toute la délicatesse. Les bulles se présentent surtout quand on opère sur des moules en verre. Pour parer à cet inconvénient, il faut examiner la pièce après l'avoir mise pendant quelque temps dans la dissolution, pour voir s'il y a des bulles, et chauffer légèrement pour les faire disparaître.

Quand on agit directement sur la médaille, il faut recouvrir le revers, sur lequel il ne doit pas y avoir de dépôt, d'une matière grasse ou de cire, puis on la met en rapport avec le pôle négatif au moyen d'un fil de métal très fin fixé autour. Le revers peut être reproduit de la même manière en recouvrant la face déjà prise avec une matière grasse. L'opération étant achevée, on sépare la pièce de l'original en enlevant d'abord le cuivre qui recouvre le moule vers ses bouts, et ensuite les faces se séparent avec une grande facilité. Si parfois il y a adhérence, on peut vaincre la difficulté en chauffant; la différence de dilatabilité opère la séparation.

Il est préférable, lorsqu'on tient à n'altérer en aucune façon une pièce originale précieuse, d'employer l'une des deux dernières méthodes. Les moules en métal fusible se détachent souvent avec peine du dépôt métallique. Dans le cas où l'adhérence ne pourrait être vaincue qu'en détériorant le dépôt, on doit fondre le moule, qui entre en fusion à une température bien inférieure à celle qui altérerait le cuivre déposé. Quant aux empreintes obtenues avec la plupart des substances non conductrices, elles se détachent si facilement que le moule n'en éprouve jamais aucune atteinte.

Chaque fois que l'on veut prendre l'empreinte de grandes médailles, comme celles de 15 centimètres de diamètre, par exemple, il est nécessaire d'employer un appareil composé, dont l'emploi, d'ailleurs, est préférable pour la plupart des opérations galvanoplastiques. La médaille *m* doit être mise à plat au fond du vase (fig. 1047); on l'empêche de surnager en la fixant au fond par des chevilles de bois, ou bien en faisant adhérer un morceau de plomb au revers du moule. Au-dessus de la médaille, on place une plaque de cuivre Z, de dimensions un peu plus grandes que les siennes. Enfin le moule est mis en communication avec le pôle zinc de la pile, et le cuivre avec l'autre pôle.

Cinquante ou soixante heures d'immersion donnent une épaisseur convenable aux dépôts métalliques.

Lorsque les empreintes des deux faces d'une médaille sont obtenues, un petit artifice fort simple, dit M. de Valicourt, permet d'imiter l'original au point de tromper l'œil du connaisseur le plus exercé. On fait avec du cuivre rouge une virole du diamètre de la médaille qu'on veut imiter et de la hauteur de cette médaille. Sur cette virole, tournée et polie avec soin, on soude promptement à l'étain, ou de toute autre manière, les deux empreintes galvanoplastiques. On bronze ensuite l'ensemble obtenu, par les procédés que l'on trouve à l'article BRONZAGE.

§ 2. *Copie des cachets, sceaux, empreintes de plâtre.*

Pour copier un cachet, dit M. Smee, on recouvre son empreinte, prise avec de la cire à cacheter, d'une couche mince de plombagine, à l'aide d'une brosse dure. On fait ensuite chauffer un fil métallique fin à la flamme d'une bougie, et l'extrémité chauffée est mise en contact avec le bord du cachet pour qu'elle puisse y adhérer. On doit mettre un peu de plombagine autour du point d'insertion du fil. On met alors le cachet dans la dissolution, et on opère ensuite comme on fait pour la reproduction des médailles.

Si on veut faire une copie en relief d'un cachet de cire également en relief, il faut recourir à deux opérations : faire d'abord un creux en plâtre, et ensuite dans ce creux fabriquer un moule en relief qu'on métallise galvaniquement.

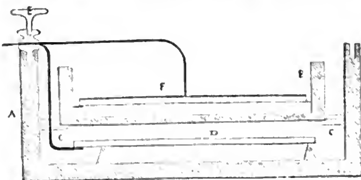
On peut aussi, pour la fabrication des cachets, employer le procédé de M. Fraser, que le docteur Fau décrit dans les termes suivants :

« L'appareil de M. Fraser est composé d'un vase cylindrique de verre ou de porcelaine, d'un diaphragme de bois poreux et d'un cylindre de zinc placé dans ce diaphragme. Une tige métallique, soudée au zinc et recourbée, supporte un anneau de cuivre qui entoure le zinc sans toucher le sulfate de cuivre. On découpe dans une feuille de cuivre mince des disques terminés par une queue; en d'autres termes, de petites spatules dont le disque doit être un peu plus grand que l'empreinte qu'on veut reproduire. Sur ce disque, préalablement chauffé, on fait fondre de la cire à cacheter fine qu'on recouvre d'une feuille d'or battu. Il faut alors appliquer le cachet ou la gravure sur la feuille d'or et comprimer fortement. Si la cire n'était pas assez molle, il suffirait de promener le disque de cuivre sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin avant de prendre l'empreinte. La feuille d'or doit être assez large pour déborder la cire, et venir s'appliquer sur le cuivre, de manière que le fluide galvanique passe librement de la spatule à la surface de l'empreinte. On vernit exactement toutes les parties du cuivre qui doivent plonger dans le sulfate, et on recourbe l'extrémité de la spatule en forme de crochet. Cette extrémité, ainsi que l'anneau de cuivre dont j'ai parlé précédemment, seront bien nettoyés au papier de verre. Pour mettre l'appareil en action, il suffira d'accrocher les spatules sur l'anneau; le courant s'établira aussitôt, et les empreintes ne tarderont pas à être recouvertes de cuivre. On peut ainsi disposer une douzaine d'empreintes qui, au bout de trois ou quatre jours, seront revêtues d'une couche de cuivre assez épaisse pour servir en guise de cachet. Ordinairement on monte ces cuivres sur des manches de bois, comme les cachets ordinaires. »

§ 3. *Galvanisation des statuettes, des bas-reliefs, etc.*

Pour recouvrir d'une couche de cuivre une statuette, un bas-relief, ou tout autre objet en plâtre, on peut se servir de l'appareil originairement employé par M. Spencer dans ses premiers essais de galvanoplastie, et que ce physicien décrit de la manière suivante dans une deuxième édition de son Mémoire, publiée au mois d'août 1840 :

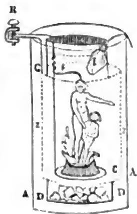
A (fig. 1060), est une auge façonnée, en bois, en terre glaise ou en verre, à laquelle on peut donner telle façon et telles dimensions qu'on désire. B est un cadre formé des mêmes matériaux, auquel on adapte un fond de gros



1060.

papier ou de terre cuite non vernie. Ce cadre, placé dans l'intérieur de l'auge A, doit reposer sur un rebord saillant CC, destiné à lui servir de point d'appui. Entre la surface externe du cadre et la surface interne de l'auge, on ménagera un espace libre de 0m,03, plus ou moins, suivant les dimensions de l'appareil, et que l'on devra garnir de cristaux de sulfate de cuivre; D, est l'objet sur lequel doit s'effectuer le dépôt : il communique par un fil de cuivre avec la vis de pression E, qui s'adapte sur le bord de l'auge A; F est la plaque de zinc, à laquelle est également soudé un fil de cuivre qui se rend de même à la vis de pression E, et établit ainsi la communication entre les deux plaques. Quelques pointes saillantes à la face interne du cadre servent à maintenir la plaque de zinc dans une position parfaitement horizontale. Elles doivent être vernies pour empêcher toute action locale; mais il vaut mieux, si l'appareil est exécuté en faïence, y faire ajouter un petit rebord saillant à l'intérieur. La plaque de dépôt est maintenue horizontale par une disposition semblable, ou par de petits tasseaux mobiles, comme l'indique la figure. Les bouts des fils doivent être avivés avant d'être introduits dans la vis de pression. Quand tout est ainsi disposé, on verse dans l'auge une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et dans le tambour une dissolution étendue de sulfate de zinc, puis on garnit de cristaux de sulfate de cuivre l'intervalle qui existe entre les deux vases. »

Cet appareil de M. Spencer, que l'on a vendu à Paris sous le nom d'*électrotype breveté*, n'est pas autre chose que celui décrit par M. Becquerel dans son grand *Traité d'électricité*, et reproduit plus tard, en 1836, dans les *Transactions philosophiques*, par M. Golding-Bird; cela n'est pas étonnant, puisque M. Golding-Bird se proposait de répéter les expériences de M. Becquerel, et que M. Spencer à son tour, lorsqu'il a découvert la galvanoplastie, voulait vérifier les conclusions des expériences de M. Golding-Bird. Cet appareil, d'ailleurs, a plusieurs inconvénients graves, parmi lesquels il faut mettre celui de ne pouvoir être établi par l'expérimentateur lui-même qui est forcé de l'acheter; en outre, pour consulter la marche de l'opération, il faut interrompre le courant, enlever le vase B, etc., c'est-à-dire démonter tout l'appareil. Dans le but particulier de galvaniser une statuette, il est bien préférable d'employer l'appareil (fig. 1061) imaginé par le docteur Fau, et que tout le monde est en état de construire.



1061.

« AA, vase circulaire de porcelaine de verre ou de bois, revêtu d'un mastic composé de la manière suivante : cire, 500 parties; colophane, 1250; ocre rouge, 500; plâtre de Paris, 50.

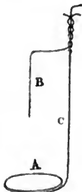
« DD, diaphragme en toile à voile, de même forme que le vase, mais d'un moins grand diamètre; ZZ, anneau de zinc, auquel est soudé un fil ou un ruban de cuivre G; C, plate-forme de cuivre supportant la statuette, et communiquant avec le zinc, au moyen du conducteur F et de la pince de pression R; E, sachet contenant des cristaux de sulfate de cuivre et plongé dans la solution cuivreuse.

« Lorsqu'on veut faire usage de cet appareil, on place le diaphragme, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans le vase de verre; on verse dans ce dernier assez d'eau salée, pour que les deux liquides soient au même niveau. On réunit alors le support de la statuette au conducteur du zinc, à l'aide de la pince de pression, et on met le tout dans l'appareil, de manière que le zinc plonge dans l'eau salée, et la statuette dans le sulfate de cuivre; enfin, on place à la partie supérieure de ce dernier liquide le petit sachet que l'on accroche au bord du vase extérieur.

« Entre le diaphragme D et le vase A doit exister un intervalle circulaire de 0m,02. Le zinc placé dans cet intervalle ne doit pas toucher le diaphragme dont il est également distant dans tous les points de sa circonférence. Le diaphragme est proportionné aux dimensions de la statuette. La surface du zinc sera au moins égale à celle de l'objet qu'on veut recouvrir de cuivre; enfin, lorsque l'appareil sera monté, la statuette devra se trouver placée exactement au centre de l'anneau de zinc, et ne pas être trop éloignée des parois du diaphragme.

« Les amateurs sont souvent embarrassés pour monter les statuettes sur le conducteur; voici le moyen que j'emploie, et qui me paraît préférable à tous les autres.

« Je soude un fil de cuivre C à un disque A, taillé sur la forme du piédestal de la statuette; l'extrémité de ce fil est courbée, comme on le voit dans la figure 1062. J'enroule solidement sur ce conducteur un autre fil métallique B terminé en pointe; et, après avoir bien décapé toutes les parties du cuivre qui doivent être en contact, soit entre elles, soit avec la statuette, je pose cette dernière, préalablement préparée, sur le disque, et je fais descendre le fil B, jusqu'à ce que la pointe vienne se fixer légèrement dans le plâtre. Quand la statuette est trop lourde pour être maintenue par un seul conducteur, je me sers de l'étrier (fig. 1063), que je soutiens avec une baguette de verre posée en travers et supportée par le bord du vase.



1062.

« Si la pointe B a été fixée avec précaution dans le plâtre, le contact sera suffisant pour que le dépôt s'effectue; mais il sera toujours plus prudent de toucher le point de réunion avec un pinceau imbibé d'une solution de nitrate d'argent.

« Lorsque tout a été disposé avec soin, le cuivre se précipite sur la statuette avec une telle rapidité, qu'on n'a en quelque sorte pas le temps de suivre les progrès de l'opération. Il faut avoir soin de vernir exactement les conducteurs et toutes les parties métalliques; car le cuivre s'y porterait plutôt que sur la statuette, surtout lorsqu'on a fait usage de plombagine pour la métalliser. »



1063.

§ 4. *Reproduction des fruits, légumes, végétaux.*

En cuivrant, par les méthodes décrites dans cet article, des fruits, des légumes, des feuilles, des graines et d'autres produits naturels, on peut fabriquer, soit des ornements, en conservant exactement la forme, le volume et toutes les particularités, tous les détails les plus fins de l'objet galvanisé, soit des moules qui serviront à reproduire les objets primitifs; dans ce dernier but, il suffit d'augmenter l'épaisseur de la couche métallique déposée. Par exemple, pour reproduire une pomme, une poire,

une calebasse, une pomme de terre, une graine, etc. ; on frotte le fruit avec de la plombagine, et on enfonce vers la queue ou vers le germe une petite épingle qui sert à établir la communication avec le pôle zinc de l'appareil électro-chimique ; le reste de l'opération s'effectue comme nous l'avons dit plus haut. Lorsque le cuivrage est achevé, on retire l'épingle qui laisse un petit trou par lequel on peut chasser l'eau du fruit, pousser l'évaporation jusqu'à siccité, et éviter ensuite toute fermentation ultérieure.

§ 5. *Application de la galvanoplastie à l'art du fondeur.*

On sait que pour obtenir une statue en fonte de bronze, de fer, de zinc, le sculpteur ayant fourni son modèle exécuté en terre, on en tire une épreuve en plâtre ou en cire, et que c'est sur cette dernière épreuve qu'est fait le moule en sable qui doit recevoir le métal fondu. Par la galvanoplastie, au lieu de faire un moule en relief avec de la cire ou du plâtre, et ensuite un moule en creux avec du sable, on commence par faire un moule en creux avec du plâtre, et on le revêt intérieurement de plombagine avec beaucoup de soin. Alors on plonge dans la dissolution de cuivre et on fait passer le courant électrique ; quand la couche déposée est assez épaisse, on enlève le moule qui laisse à découvert l'objet parfaitement exact.

S'il s'agit d'une statuette en ronde-bosse de petite dimension, on prend les creux de chaque moitié, on les prépare avec de la plombagine, et on rapproche ensuite les deux moitiés que l'on soude avec du plâtre ; on établit les communications avec l'appareil voltaïque, en essayant de s'arranger de façon à ce que le liquide puisse pénétrer à l'intérieur du moule et que le dépôt puisse s'y effectuer.

Si l'original a de grandes dimensions, il faudrait employer des vases d'une très grande capacité, et alors il est mieux d'opérer comme il suit : les diverses parties du moule en creux, après avoir été revêtues intérieurement de plombagine, sont réunies ensemble avec de la cire ou du plâtre rendu imperméable, de manière à former une capacité propre à recevoir la dissolution. On se sert d'une forte batterie et d'une dissolution un peu étendue, parce que le volume de la batterie ne peut être économiquement proportionné à l'étendue de la surface à recouvrir. Le morceau de cuivre qui forme l'électrode positif doit avoir une grande surface et être placé très près du moule en plâtre, afin de diminuer la résistance au passage du courant.

On ne peut obtenir ainsi une ronde-bosse d'une seule pièce ; il faut fabriquer des parties séparées que l'on soude soit à l'argent, soit à l'étain, en ayant soin de recouvrir ensuite électro-chimiquement la surface des soudures d'une couche du métal qui constitue la ronde-bosse. On avive la surface de la soudure, on la circonscrit au moyen de mastic de vitrier, de manière à former une espèce d'auge que l'on remplit de la solution métallique où plonge un fil de même métal en relation avec le pôle positif d'un couple voltaïque, la ronde-bosse communiquant avec le pôle négatif. Quand la soudure est recouverte du dépôt métallique, s'il se présente quelques protubérances, on les avive avec une lime douce.

Quant à l'application des procédés galvanoplastiques à la typographie, et par conséquent à l'art du fondeur en caractères, nous pensons qu'elle ne peut avoir d'avantages que pour la production des moules ou matrices dans lesquels on fond les caractères d'imprimerie, et pour cet objet nous n'avons rien à ajouter à tout ce que nous avons dit. Les planches stéréotypées s'obtiennent à si bon marché que nous ne pensons pas que la galvanoplastie pourrait rivaliser avec la stéréotypie sous ce rapport. On sait, en effet, que la STÉRÉOTYPIE (voir ce mot) consiste à former, pour les livres qui offrent un grand débit, une première empreinte en plâtre des caractères d'imprimerie composés, à la faire sécher au four et à prendre ensuite sur ce modèle une seconde empreinte de ce modèle. C'est pour l'obtention de cette seconde empreinte qu'interviendrait la galvanoplastie, mais elle ne le ferait pas économiquement.

§ 6. *Application de la galvanoplastie à la métallurgie.*

Il y a environ neuf ans, que M. Becquerel a annoncé qu'il était parvenu, à l'aide d'un procédé électro-chimique très simple, à extraire l'argent, le cuivre et le plomb de leurs minerais respectifs, sans avoir recours à des appareils composés, mais bien en employant des appareils simples avec du fer ou du zinc. La voie nouvelle ainsi ouverte par ce savant à l'industrie métallurgique, n'avait encore été suivie par personne, lorsque, cette année, MM. Dechaud et Gaultier de Claubry ont présenté à l'Académie des Sciences la description d'un procédé à l'aide duquel ils espèrent exploiter galvaniquement les mines de cuivre de Mouzaïa, que le gouvernement vient de concéder dans l'Algérie. A l'appui de leur description, ils ont montré différents échantillons de feuilles d'assez grande dimension, en cuivre parfaitement pur, et dont quelques-unes avaient été obtenues directement, sans travail secondaire, avec la forme que l'industrie exige pour les chaudières, etc.

Cette communication a vivement intéressé le public, et nous pensons, en conséquence, rendre un service en transcrivant ici le rapport approbateur qui a été fait à l'Académie sur le procédé de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry, par une commission composée de MM. Berthier, Dumas, et Becquerel, rapporteur.

« Avant tout, dit M. Becquerel, ce procédé exige la transformation du minerai en un composé soluble dans un liquide facile à se procurer dans le lieu de l'exploitation : c'est à cette condition-là seulement que les forces électriques peuvent agir pour séparer le métal de ses combinaisons. S'agit-il de minerais de cuivre, tels que le carbonate, l'oxyde, le sulfure ou les sulfures multiples, qui sont les plus communs, on transforme en sulfate les deux premiers, avec l'acide sulfurique, et les deux derniers en les grillant, opération qui s'exécute avec une grande perfection au Mexique, pour la préparation du magistral, agent indispensable dans l'amalgamation au patio. Une fois la sulfatisation effectuée, on lessive le minerai, et la solution est soumise à la décomposition électro-chimique dans des appareils simples. Si l'on veut obtenir le cuivre en lames, il faut disposer l'appareil pour que la solution soit constamment au maximum de saturation. MM. Gaultier de Claubry et Dechaud ont rempli cette condition, au moyen de dispositions très simples que nous allons décrire.

« Lorsque l'on superpose, dans un vase, deux dissolutions, l'une saturée de sulfate de cuivre plus dense, l'autre de sulfate de fer moins dense, si dans la première on place une lame de cuivre, dans l'autre une lame de fonte communiquant avec la première au moyen d'un conducteur métallique, on a un couple voltaïque dont l'action est suffisante pour décomposer le sulfate de cuivre ; l'oxygène et l'acide du sulfate se portent sur la fonte, d'où résulte du sulfate de fer, tandis que le cuivre se dépose sur la lame de cuivre formant le pôle négatif. Le cuivre déposé dans les premiers instants est à l'état de pureté chimique ; mais le fer devenant de plus en plus abondant, le cuivre, en se précipitant, entraîne avec lui du fer ; il devient peu à peu cassant, puis pulvérulent, à mesure que la dissolution s'appauvrit davantage. Mais, tandis que cette dissolution devient moins dense, celle du sulfate du fer, au contraire, augmente en densité ; il en résulte : 1° une dissolution de cuivre normale occupant la partie inférieure du vase ; 2° une dissolution du même sel un peu moins dense surnageant la première ; 3° une dissolution de sulfate de fer très dense ; 4° une

autre normale. Pour rester toujours dans les conditions primitives, et obtenir le cuivre en feuilles, il fallait enlever la solution de sulfate de cuivre moins dense, et celle de sulfate de fer plus dense; c'est en cela que consiste le principal perfectionnement apporté au traitement électro-chimique des minerais de cuivre, par MM. Gaultier de Clanbry et Dechand.

« Leur appareil se compose des parties que nous allons indiquer : d'une caisse en bois doublée de plomb recouvert ensuite de cire ou de tout autre substance analogue, et destinée à recevoir la dissolution de sulfate de fer. Cette caisse est pourvue de deux ouvertures : l'une supérieure, pour l'introduction de la liqueur normale; l'autre inférieure, servant à expulser la liqueur dense au moyen de syphons. Dans son intérieur, et à distance convenable, plongent des cases en cuivre ou tôle plombée, dont les extrémités et la partie inférieure sont en métal, tandis que les parois latérales sont à jour et garnies de feuilles de carton fixées solidement. Une ouverture inférieure amène également, au moyen de syphons, la dissolution concentrée de cuivre, et une autre, placée presque à la partie supérieure, permet l'écoulement de la dissolution faible.

« Dans ces cases, on place le métal négatif destiné à recevoir le dépôt de cuivre, et entre chacune d'elles, ainsi qu'à l'extérieur des deux cases extrêmes, se trouvent à demeure des plaques en fonte destinées à produire l'action voltaïque.

« Des conducteurs métalliques servent à établir la communication entre toutes les parties du couple; et on règle l'appareil de manière qu'il arrive à chaque instant autant de dissolution forte de sulfate de cuivre et de dissolution faible de fer, qu'il sort de liqueur faible de cuivre et de liqueur forte de fer : l'action se continue sans aucune main-d'œuvre.

« D'un autre côté, pour faciliter le passage du courant entre les deux dissolutions en contact et séparées par des diaphragmes en carton, ceux-ci sont percés de petites ouvertures au-dessus du niveau supérieur de la plaque négative; au moyen de cette disposition, la dissolution de sulfate de fer normale occupant la partie supérieure de la case vient s'étendre sur celle de cuivre, de sorte que l'appareil est ramené à ses conditions premières.

« Une fois l'appareil monté, on n'a besoin que d'enlever les feuilles de cuivre, quand elles ont une épaisseur convenable, et de remplacer les plaques de fonte, quand elles ont été dissoutes.

« Le mouvement des liquides s'opère au moyen de syphons en rapport avec des bassins à niveau constant; peu importe la qualité de la fonte employée; celle de la plus mauvaise qualité réussit également bien. Les feuilles de cuivre peuvent être livrées de suite au commerce; passées au laminoir, elles acquièrent la densité de celles de cuivre obtenue au laminage. »

Nous interromperons quelques instants le rapport de M. Becquerel pour puiser dans le Mémoire de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry quelques chiffres sur les rendements du procédé de métallurgie électro-chimique ci-dessus.

« A une température de 20 degrés centigrades, disent les auteurs du Mémoire, 1 mètre carré de surface reçoit jusqu'à 1 kilogramme de cuivre en 24 heures.

« Le cuivre précipité est pur, à un état physique constant; les feuilles peuvent être immédiatement travaillées au marteau ou passées au laminoir. Dans ce cas, quatre à cinq passes amènent le métal à la densité de 0,894, et l'on évite par là toutes les opérations nécessaires pour le faire passer de l'état de plateaux à celui de feuilles. Le travail n'offre aucune difficulté, ne demande point d'affinage, ne donne pas de scories. »

Malheureusement tout ne se présente pas avec autant d'avantage que la phrase précédente semble le faire croire. Les auteurs, en effet, sont bientôt conduits à avouer qu'il faut partager les produits de la manière suivante :

50 pour 100 de feuilles de cuivre pur ;

25 pour 100 de cuivre divisé pur, qui ne demande qu'une fusion pour être amené à l'état de plateaux ou de lingots ;

25 pour 100 de cuivre divisé exigeant un affinage.

Ainsi donc on aura encore besoin de l'action du feu dans ce procédé. Or, voyons quelles quantités, quelles masses de liquide il faudra remuer pour obtenir 1,000 kilogrammes de cuivre en feuilles.

Il sera d'abord nécessaire d'employer une quantité double de cuivre dissous, soit 2,000 kilogrammes, qui, à l'état de sulfate, représentent 5,000 kilogrammes.

Or, une partie de sulfate exige 4 parties d'eau pour être dissoute; il faudra donc 20,000 kilogr. d'eau, ce qui fera une masse de 25,000 kilogr. de liquide, ou environ de 25 mètres cubes pour le sulfate de cuivre.

On doit évaluer à une quantité à peu près équivalente le sulfate de fer nécessaire pour que l'action électro-chimique se produise.

C'est donc 50 mètres cubes de liquide au moins qu'il faut manier pour obtenir une si petite quantité de cuivre; savoir 1,000 kilogrammes en feuilles, 500 en poudre pure, 500 en poudre impure.

Pour que cette quantité fût obtenue en 24 heures, il faudrait, en outre, que les appareils offrissent une surface de dépôt d'un développement de 1,000 mètres carrés.

Ainsi, une usine devrait être montée sur un pied énorme pour opérer par le procédé électro-chimique de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry; cette énormité des appareils, des masses d'eau à remuer, etc., est un obstacle dont ne nous semble pas s'être occupé le savant rapporteur de la commission académique, car il continue simplement à dire :

« Tout le cuivre précipité n'est pas obtenu en feuilles, il n'y a guère que les trois cinquièmes et même la moitié ; le reste est à l'état de poudre ou de fragments que l'on soumet à la fonte.

« Le procédé électro-chimique pour le traitement des minerais de cuivre avec le perfectionnement de MM. Gaultier de Clanbry et Dechaud paraît présenter des avantages sur les anciennes méthodes de traitement; mais il exige que les minerais puissent être transformés entièrement, et à bon marché en sulfate; toute la question industrielle est là. D'un autre côté, la dissolution de cuivre, en partie épuisée, se charge de plus en plus de fer; de sorte qu'en la repassant de nouveau sur les minerais pour la saturer de sulfate, et la faisant rentrer dans l'appareil, il arrive un instant où la quantité de fer qu'elle renferme est telle que le cuivre précipité contient une certaine proportion de ce métal qui en altère la qualité : pour parer à cet inconvénient, on se trouvera dans la nécessité de ne plus repasser les dissolutions trop ferrifères sur ce minerai et de précipiter le cuivre qu'elles renferment avec du fer.

« A en juger par les expériences dont nous avons été témoins, il nous est permis de croire que l'application en grand du procédé électro-chimique, pour le traitement des minerais de cuivre, présente des chances de succès. »

Nous ne pouvons nous empêcher d'ajouter que si le succès en petit est à peu près certain, le succès en grand ne nous en semble pas moins très douteux, et nous croyons être en cela de l'avis de l'un des membres de la commission de l'Académie, car M. Dumas, après avoir lu le rapport de M. Becquerel, absent ce

jour-là de l'Institut, a cru devoir ajouter : « Je ferai remarquer à l'Académie que nous ne préjugeons rien sur l'emploi du procédé de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry dans la métallurgie; nous parlons seulement des expériences de laboratoire faites en notre présence. »

§ 7. *Étamage des glaces par l'argent.*

Dans l'article ÉTAMAGE DES GLACES, nous avons dit que sans doute la galvanoplastie donnerait prochainement le moyen de substituer à l'amalgame d'étain, si dangereux pour les ouvriers exposés à absorber le mercure par tous les pores, un autre métal nullement insalubre. Notre prédiction s'est accomplie.

Un Anglais, M. Drayton, a trouvé, il y a déjà quelque temps, le moyen de déposer sur le verre, par des combinaisons chimiques, une couche d'argent qui donne à la glace une pureté de réflexion bien supérieure, dit-on, à celle qui provient de l'étamage par l'étain et le mercure. Mais ce moyen n'était pas industriel; il présentait des difficultés commerciales et pratiques que le cessionnaire de son brevet, en France, M. Tourasse, a mis plus d'un an à surmonter. M. Tourasse prétend pouvoir livrer, dès le 1er septembre, des glaces de toutes dimensions et de toutes formes au même prix que les étameurs au mercure, et il a présenté à l'Académie des Sciences, le 11 août, des échantillons de sa fabrication qui nous ont semblé ne rien laisser à désirer. Nous souhaitons vivement que son procédé ait tout le succès qu'il en attend, car son application n'offre effectivement aucun danger, ainsi que tout le monde peut le remarquer. Ce procédé consiste en effet à dissoudre, dans l'eau distillée, du nitrate d'argent, à y ajouter de l'alcool, du carbonate d'ammoniaque, de l'ammoniaque et de l'huile essentielle de Cassia, à verser la liqueur ainsi préparée sur la glace en y ajoutant, au moment de l'opération, de l'huile essentielle de girofle. Au bout de deux heures, l'argent réduit par ces huiles essentielles couvre la glace d'une couche parfaitement homogène de l'argent le plus pur.

Pour préserver la couche d'argent déposée, M. Tourasse la recouvre d'une couche de vernis. Nous craignons, avec beaucoup de membres de l'Académie des Sciences, que l'emploi de ce vernis, dont nous ne connaissons pas d'ailleurs la composition, présente des inconvénients graves, car tout le monde sait que les vernis sont sujets à se fendiller très facilement par l'action de la chaleur et de l'humidité. Au lieu de l'emploi d'un vernis, nous conseillerions celui d'une couche métallique déposée par les procédés galvanoplastiques. Le verre étant métallisé, rendu conducteur du courant électrique par suite du dépôt, aussi mince que ce soit d'ailleurs, de l'argent réduit par les huiles essentielles, il n'y a aucune difficulté à déposer par dessus une couche de tel métal qu'on jugera convenable, et à telle épaisseur qu'il sera nécessaire.

§ 8. *Fabrication des planches unies ou gravées.*

Nous entrons dans les applications des procédés de la galvanoplastie à la gravure; elles n'ont pas encore en tout le succès qu'on peut désirer. En général, et quoiqu'il y ait des exemples du contraire, les planches obtenues s'altèrent rapidement en raison du peu de cohésion de leurs parties constituantes. Cela tient sans doute à ce que l'on ne s'est pas encore rendu bien compte des conditions nécessaires pour que le cuivre déposé ait toutes les qualités exigées par les graveurs, et que l'on n'a réussi que quand, par hasard, on a réuni ces conditions encore mal définies.

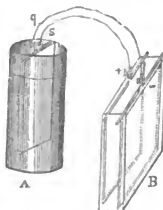
Pour fabriquer une planche de cuivre unie ou gravée, il faut avoir un moule qui ne peut être qu'en cuivre, en acier ou en bois. Nous allons examiner successivement ces trois cas.

Moule de cuivre. La plaque de cuivre unie et parfaitement polie, que l'on veut reproduire, doit être d'abord soudée par sa face postérieure à une lame de métal, étain, plomb ou zinc qui sert à établir la communication avec le zinc, de la batterie voltaïque. La température qu'exige cette opération chasse l'air qui revêt la surface de la plaque, en sorte que si on la plaçait de suite dans la dissolution de cuivre, l'original et la copie pourraient adhérer fortement. Pour éviter cet accident, la plaque soudée doit être placée durant vingt-quatre heures dans un lieu frais, ce qui lui permet de se revêtir de nouveau d'une couche d'air. On peut d'ailleurs, comme M. Spencer, frotter la surface à chaud avec de la cire, et l'essuyer jusqu'à ce qu'il n'en reste plus qu'une pellicule infiniment mince, ou bien, comme M. Boquillon, recevoir dessus la fumée blanche d'un corps résineux, après y avoir déposé une couche d'or ou d'argent. Les personnes qui ne sont pas habiles à souder les métaux peuvent se servir tout simplement, pour établir le courant, d'un fil métallique ou d'un fragment de métal qu'on met en contact avec la face postérieure du moule.

La densité de la dissolution de sulfate de cuivre que l'on emploie dépend de la force de l'appareil voltaïque. Si on n'emploie qu'un seul couple, on opère avec une dissolution saturée de sulfate de cuivre, étendue d'un peu plus d'un tiers de son volume d'acide sulfurique, ou bien d'une dissolution de 500 gr. de nitrate de cuivre dans 1 lit. 1/2 d'eau. Avec quatre ou cinq couples, on peut parfaitement se servir d'une dissolution presque saturée de sulfate ou de nitrate de cuivre.

L'appareil voltaïque le plus convenable, dont on se sert pour fabriquer les planches, est celui de M. Smee, que nous avons déjà décrit.

A (fig. 1064), est le couple voltaïque qui se compose



1064.

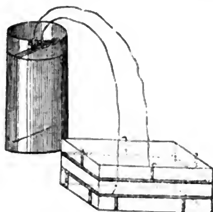
d'une lame d'argent platinisé, placée au milieu d'une lame de zinc recourbée, et communiquant par un fil S, avec le pôle positif de l'appareil à décomposition, c'est-à-dire avec l'électrode soluble en cuivre qui doit avoir une surface égale à celle du moule. La lame de zinc est unie, par un fil *q*, serré par une vis, au moule placé au pôle négatif de l'appareil de décomposition.

Cet appareil à décomposition est une auge verticale B en bois revêtu d'un enduit isolant, de forme parallélipipédique, et à la partie supérieure de laquelle deux tiges ou lames servent à fixer les fils métalliques conducteurs et les électrodes.

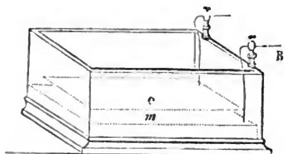
Cet appareil peut aussi être horizontal (fig. 1060); alors il faut avoir soin de placer le moule au fond, sans quoi la couche déposée n'aurait pas une dureté uniforme.

La première auge à décomposition est préférée pour une précipitation lente, mais la seconde paraît plus appropriée pour une précipitation rapide du cuivre.

L'appareil voltaïque doit être chargé avec de l'acide sulfurique étendu de 15 à 16 fois son poids d'eau.



1065.



1066.

Voici comment on doit disposer l'opération, d'après M. Smee :

« Quand on a rempli l'auge avec le liquide, on prend un morceau de cuivre de même dimension que celle de la planche, et on le fait communiquer avec l'argent de la batterie. Celle-ci étant amorcée, l'auge à précipiter étant remplie par la dissolution, et le fragment de cuivre à dissoudre étant plongé dans l'auge et uni à l'argent de la batterie, on doit faire communiquer le fil qui est soudé sur la plaque où le dépôt doit s'effectuer, avec le zinc de la batterie, et l'opérateur doit surtout avoir soin de ne plonger qu'en dernier lieu la plaque de cuivre dans l'auge à précipiter, pour compléter le circuit; ces dispositions achevées, on voit un dépôt de cuivre par se former (fig. 1065 et 1066); ce dépôt n'adhère pas à l'original, à cause de la couche d'air qui les sépare, ou de la très mince couche de cire qu'on a interposée. »

D'après le compte que fait M. Smee des frais de cette fabrication, on voit que le prix des plaques unies est encore beaucoup trop élevé. Ainsi, les frais qui résultent de l'emploi d'une seule batterie et de l'auge à précipiter sont :

La valeur intrinsèque du cuivre.	2 fr.	40 c.	le kil.
Le zinc amalgamé.	2 fr.	40	—
Zinc perdu par action locale et acide sulfurique.	0	80	
Total.	5 fr.	60 c.	

Si on y ajoute la main-d'œuvre, le temps (une plaque ne peut guère être obtenue en moins de 36 heures), le loyer et les bénéfices qui doivent résulter de cette fabrication, on verra que chaque kilogr. de cuivre mis en œuvre doit coûter environ 40 fr.

Si cette somme est trop forte pour des plaques unies, il n'en est pas de même pour des planches gravées dont la reproduction n'offre pas plus de difficulté que celle des planches unies, et donne avec exactitude et perfection tous les détails des planches originales.

Le dessin étant gravé en creux dans la pièce originale, on l'obtiendrait en relief dans l'épreuve galvanoplastique, si on ne prenait la précaution de faire d'abord une copie en relief, soit avec de la cire, soit avec du plâtre, soit avec une plaque de plomb propre et bien décapée. Ce dernier moyen doit être employé, quand il s'agit de planches d'une étendue un peu grande. On place la plaque de plomb dans une presse à imprimer en taille-douce, au-dessous d'elle on met une plaque de fer, et par dessus on place la plaque gravée; on les soumet alors à l'action de la presse. Mais en opérant ainsi, la planche originale se courbe. Pour éviter cet inconvénient, il suffit, dit M. Smee, de mettre par dessus la planche de cuivre que l'on veut copier une autre planche en cuivre, qui seule devient courbée.

On peut aussi, quand il s'agit de dessins délicats, se servir comme moule de l'épreuve galvanoplastique en relief, obtenue directement sur la planche originale. Dans tous les cas, le moule étant obtenu, on procède comme pour les planches unies, en prenant toutes les précautions recommandées dans les principes généraux de galvanoplastie que précèdent ces applications.

Moule en acier. Les planches en acier ne peuvent être copiées dans aucune des dissolutions de cuivre en usage, telles que le sulfate, le nitrate ou le chlorure, attendu qu'elles seraient infailliblement attaquées. On conseille d'opérer avec une dissolution ammoniacale de cuivre, telle que le sulfate ou le nitrate ammoniacal. Mais les tentatives que l'on a faites avec ces bains ne sont pas encore satisfaisantes pour la galvanisation directe.

Moule en bois. Il est probable que l'on n'aura guère recours à la galvanoplastie pour reproduire les planches gravées sur bois, car il est bien plus aisé d'en obtenir d'excellentes copies par la stéréotypie. Toutefois, le procédé consisterait simplement à recouvrir la partie gravée d'une couche de plombagine, et la surface postérieure et les bords avec de la cire ou de la graisse, pour empêcher le bois d'absorber une partie de la dissolution. On obtiendrait ainsi une épreuve en creux, et une seconde opération galvanoplastique donnerait une épreuve en relief. On aurait plus simplement cette dernière, en prenant directement sur le bois une épreuve en cire, plâtre, papier, etc.

§ 9. *Gravure directe des planches de cuivre ou d'acier.*

On sait que dans la gravure à l'eau forte on recouvre d'une couche d'une composition de cire (voir le mot GRAVURE) la face de la planche de cuivre qu'on veut graver. Le graveur dessine sur cette couche avec une pointe fine de manière à mettre le métal à nu. Il met ensuite la plaque dans un vaisseau plat et verse dessus de l'acide nitrique étendu (3 parties d'eau pour 1 p. d'acide), afin que cet acide attaque le métal jusqu'à une profondeur suffisante pour loger l'encre typographique, dans les endroits où les traits du dessin ont été pratiqués.

M. Smee a imaginé de remplacer l'action de l'acide nitrique, par l'action dissolvante du courant galvanique sur l'électrode soluble placé au pôle positif dans une auge à décomposition.

La planche dessinée, recouverte de vernis sur la face postérieure et sur les côtés, est donc placée dans la dissolution de sulfate de cuivre, en communication avec le pôle positif d'un appareil composé de un, deux ou trois couples à courant constant; on complète le circuit en mettant en communication avec le pôle négatif une plaque de même dimension que la plaque à graver. La décomposition ne tarde pas à s'effectuer; l'oxygène et l'acide sulfurique se transportent sur la planche et dissolvent le cuivre dans les points où les traits ont été

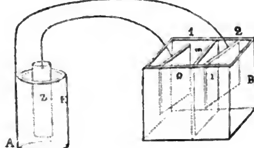
dessinés. S'il y a des parties où les traits soient moins nombreux que dans d'autres, on doit les abriter du contact de l'acide pendant un certain temps, afin d'obtenir de l'uniformité dans les creux ; on peut obtenir le même résultat en recourbant la plaque négative, de manière à l'éloigner des parties de la plaque à graver que l'on veut épargner. En employant comme pôle négatif une verge ou un fil en cuivre, qu'on présente en face des différentes parties de la plaque, on peut foncer les ombres et dégrader les teintes à volonté

Avec ce mode de gravure, on obtient donc de grands avantages qui peuvent se résumer ainsi : 1° on évite les exhalaisons nitreuses qui se dégagent dans le procédé ordinaire ; 2° l'action est plus uniforme qu'avec l'acide : 3° les creux viennent plus rapidement et avec une plus grande perfection, et on peut leur donner n'importe quelle profondeur ; 4° les traits sont d'une grande netteté ; 5° il ne se dégage aucune bulle de gaz, tandis que dans le procédé ordinaire des bulles nombreuses adhèrent au métal et amènent une inégalité d'action. Les graveurs apprécieront parfaitement tous ces avantages.

M. Spencer conseille de procéder de la manière suivante, qui, pour le résultat et la manière d'opérer, ne diffère pas d'ailleurs essentiellement de la méthode précédente, mais qui a l'avantage de permettre de graver sur une planche d'acier, parce que la planche ne trempe pas dans le sulfate de cuivre. Nous copions une lettre de ce savant physicien au docteur Mohr de Coblentz :

« Lorsqu'une planche en métal doit être gravée à l'eau forte par voie galvanique, on commence par la couvrir en entier avec une couche légère de vernis, puis on décalque et on trace le dessin à la pointe, de manière à bien découvrir sur tous les traits la surface naturelle du métal. Dans ce cas, le mode d'opérer est absolument le même que celui qu'on met en usage ordinairement pour la gravure à l'eau-forte. Mais arrivé à ce point, on fixe un fil à la planche qu'on fait communiquer avec l'extrémité positive d'une batterie, ou avec un seul couple voltaïque, puis on complète et on ferme le circuit de la manière suivante :

« Soit A (fig. 1067) le couple électromoteur composé



1067.

d'une tige de zinc Z et d'un cylindre ou vase de cuivre K, rempli en partie avec de l'acide sulfurique étendu. Soit en outre la caisse B, divisée en deux cellules par une cloison poreuse *m*, consistant en une vessie, du fort papier ou de l'argile cuite. Dans la cellule 2 on suspend la planche préparée P et sur laquelle on veut mordre, dans une solution faible de sel commun, et on la met en communication par un fil avec l'élément cuivre du couple électromoteur. Dans la cellule 1 on suspend une plaque Q de cuivre nu dans une dissolution de sulfate de cuivre, et on la met en communication avec l'élément zinc dudit couple.

« Aussitôt que le circuit est fermé, il se dégage de l'oxygène sur la plaque P, tandis que celle Q donne de l'hydrogène ; et cela, en quantités proportionnelles à l'hydrogène qui apparaît en K, et à l'oxygène qui se combine avec le zinc Z. L'oxygène qui se combine avec P rend le métal soluble dans l'acide, et il en résulte un creusement à la surface de la planche ; l'hydrogène de Q réduit une quantité correspondante d'oxyde de cuivre dans la cellule 1, et réduit autant de métal sur Q qu'il en a dissous sur P, en supposant toutefois que P soit une planche en cuivre ; car s'il en était autrement, la quantité de cuivre déposée sur Q, serait un équivalent de celle du métal enlevé par l'acide à la planche P.

« On fait marcher l'opération jusqu'à ce que les traits du dessin soient suffisamment profonds ; et en établissant avec exactitude la distance et l'angle suivant lesquels les plaques en regard se présentent, on peut régler à volonté la profondeur de ces traits, et même la modifier localement, comme lorsque, dans un paysage, par exemple, le premier plan a besoin d'être plus coloré que les plans postérieurs. De même, lorsque les coups de force, quand il s'agit d'une rosette, d'une étoile, d'une étiquette, ont besoin de ressortir sur un fond moins coloré, on peut, par un rapprochement local et par la position des plaques en regard, amener ce résultat de la manière la plus certaine. En un mot, il n'y a pas de rapport possible qu'on ne puisse déterminer par l'observation attentive de ce principe, et par des manipulations fort simples. »

§ 10. *Galvanographie.*

La galvanographie a été imaginée par le professeur Kobell de Munich. Elle consiste à reproduire avec du cuivre précipité, par voie galvanique, des dessins, des images au pinceau dans le genre du lavis ou de l'aqua-tinte, exécutés sur une plaque d'argent ou de cuivre, de manière à constituer des planches de cuivre qui servent à multiplier les images, comme si elles eussent été gravées, et dont on peut tirer des épreuves nombreuses.

« Il était aisé de prévoir, dit M. Kobell, que si on parvenait à rendre conductrice une surface vernie, on formerait ainsi une couche cuivreuse d'une grande fidélité ; mais les méthodes usitées pour peindre et vernir des surfaces unies, et dans lesquelles on fait usage de substances grasses ou résineuses, s'opposaient à ce qu'on pût obtenir des couleurs ou des vernis conducteurs, et on conçoit qu'il n'est guère possible d'étendre au pinceau, sur ces surfaces, une couche de graphite ou d'autre substance analogue, sans détruire les demi-teintes et les nuances les plus délicates des images.

« J'ai donc cherché, sans ce moyen, à recouvrir de cuivre une image peinte sur argent ; j'ai pensé que c'était uniquement une question de temps que de recouvrir de cuivre les parties non conductrices, interrompues et entourées par celles qui le sont.

« L'expérience a répondu à mon attente. »

Voici comment M. Kobell conseille d'opérer dans son ouvrage sur la galvanographie. L'image est tracée au pinceau avec une couleur encaustique dont l'excipient consiste en une solution de cire et d'un peu de résine de Damara dans l'essence de térébenthine, sur une plaque de cuivre doublée d'argent et polie, de telle façon que les places blanches du métal produisent les plus forts effets de lumière, et que les couches les plus chargées et les plus épaisses en constituent les ombres.

M. le prince de Leuchtenberg, qui s'occupe aussi avec succès de galvanographie, a substitué à la résine de Damara de la gomme laque ordinaire, et la couleur qu'il emploie est l'oxyde rouge de fer, ou colcothar obtenu par la calcination du sous-sulfate de ce métal.

La couleur qu'on travaille avec une dissolution de cire brute ne doit recevoir que la quantité d'excipient nécessaire, pour qu'après sa dessiccation elle paraisse mate, mais adhère fortement à l'argent. Lorsque l'image doit avoir des ombres très intenses, les points où

celles-ci se trouvent sont chargés avec de la couleur à l'huile, puis saupoudrés de graphite pulvérisé très fin qui, après l'époussetage de la plaque, doivent y adhérer fortement et y former une espèce de velouté.

« La plaque avec l'image ainsi préparée est posée alors sur une autre plaque en cuivre et isolée sur les bords avec de la cire; on a conservé à cette dernière plaque une bande qui sert à la mettre en communication avec la plaque en zinc qui constitue le second élément nécessaire de la pile galvanique. Cette plaque de zinc est placée dans une espèce de tambourin sur lequel est tendu un parchemin et qui repose sur des pieds de 25 à 30 millimètres de hauteur; ce tambourin est posé sur l'image et sur la plaque en cuivre qui lui sert de soutien. La communication s'établit au moyen d'une lame de plomb ou bien d'une bande de ce métal de 8 centim. de longueur et de 3 centim. de largeur.

« On met en contact cette dernière avec la plaque de zinc, et on unit au moyen d'un petit étau à vis la bande qu'elle porte avec celle de la plaque de cuivre sur laquelle repose la plaque portant le dessin. Ce système de plaques est mis dans un vase de bois goudronné, ou mieux de verre ou de porcelaine, rempli d'une solution de 1 partie en volume de sulfate de cuivre dans l'eau et de 1 partie également en volume de sulfate de cuivre étendu avec une solution de sulfate de soude, jusqu'à une hauteur telle que le parchemin du tambour soit baigné ou un peu au-dessous du niveau de la solution vitriolique. Dans ce tambour, et sur la plaque de zinc, on verse, à quelques millimètres d'épaisseur, de l'eau à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique. Il est nécessaire que la plaque de zinc, qui doit, autant que possible, être du zinc laminé, soit maintenue de plusieurs millimètres éloignée du parchemin, ce qui s'exécute au moyen de petits supports de fil de cuivre qu'on fixe dans les parois du tambour, ou avec des tronçons de tubes de verre qu'on place sous cette plaque en zinc. Le cuivre se précipite d'abord, à mesure que le sulfate se décompose, sur les parties claires et blanches de la plaque peinte; mais on voit bientôt aussi se former avec le temps, sur la couleur elle-même, de petites protubérances de cuivre qui augmentent peu à peu, et finissent par recouvrir d'une plaque continue l'image tout entière. »

Il faut de 3 à 8 jours pour recouvrir une plaque. Pendant ce temps, on doit nettoyer le zinc toutes les 12 ou 24 heures, ainsi que le tambour qu'on remplit d'eau fraîche aiguisée d'acide sulfurique. Les planches obtenues ne peuvent guère donner que de 300 à 600 épreuves, mais on peut en prendre plusieurs copies galvanoplastiques, en ayant soin d'argenter un peu la surface pour qu'il n'y ait pas adhérence du dépôt.

Le procédé de M. Kobell nous conduit à mentionner une méthode décrite dans le *Mechanic's Magazine*, pour la reproduction d'une gravure tirée sur papier.

Lorsqu'on a une bonne épreuve, on l'applique fraîche sur une plaque de cuivre planée et préalablement trempée dans l'acide nitrique étendu. La plaque et l'épreuve sont soumises à l'action de la presse, qui détermine le transport de l'encre de l'épreuve sur la planche de cuivre. On dore légèrement cette planche au moyen de l'appareil galvanique; et il est facile de concevoir que l'or ne s'attachera pas sur les parties revêtues d'encre grasse, mais seulement sur le cuivre. Une demi-minute suffit pour dorer la plaque; on la lave avec l'essence de térébenthine, qui dissout l'encre grasse et met à nu le cuivre dans tous les points que recouvrait cette encre. Il suffit ensuite de placer la planche ainsi préparée, en guise d'électrode soluble, dans une auge à décomposition pour graver en creux toutes les parties non dorées.

§ 11. *Reproduction des épreuves daguerriennes.*

M. Grove est le premier qui se soit occupé de ce genre de reproduction. Il s'agit de trouver un moyen d'obtenir une gravure dans laquelle le crayon ou le burin de l'artiste ne sera point intervenu, où l'on pourra écrire, dessiné *par la lumière*, et gravé par l'*électricité*.

On sait que les images daguerriennes sont composées de saillies dues au dépôt de mercure, formant les clairs, et de parties planes formant les ombres, et qui ne sont autres que l'argent du plaqué. Les dégradations de teinte proviennent du mélange des saillies et des parties planes. Si sur ces images, considérées comme moule, on dépose du cuivre, il arrivera que les reliefs deviendront des creux, et réciproquement, de sorte qu'en tirant des épreuves de ces planches, les clairs deviendront des ombres, et *vice versâ*. Mais les saillies daguerriennes sont si faibles, que les planches de cuivre n'offriront pas assez de résistance pour qu'on puisse tirer plusieurs épreuves. Aussi le problème à résoudre consiste-t-il à se servir des planches daguerriennes comme électrodes positifs solubles dans des liquides attaquant le mercure, et laissant l'argent, afin que les clairs des épreuves soient les mêmes que dans la matière. Par ce procédé, on pourra graver assez profondément la planche pour qu'elle puisse servir à un tirage suffisamment nombreux. La liqueur satisfaisant à la condition imposée de laisser l'argent et d'attaquer le mercure, est l'acide hydro-chlorique; et voici comment M. Grove, conjointement avec M. Gassiot, dispose l'appareil :

Dans un bâti en bois on pratique deux cavités placées à 5 millimètres de distance l'une de l'autre, et dans lesquelles on glisse : 1° la plaque qu'il s'agit de graver; 2° une plaque de platine de même dimension. Le dos et les bords de la plaque daguerrienne sont vernis avec une solution de gomme-laque; on laisse seulement libre une portion du bord pour établir le contact métallique avec le conducteur voltaïque. Le bâti en bois, chargé de ses deux plaques, est ensuite placé dans un vase de verre ou de porcelaine rempli d'une solution de 2 volumes d'acide hydro-chlorique et de 1 volume d'eau distillée. Deux fils assez forts en platine arrivant d'un simple couple de la pile de Grove, sont mis en contact avec les deux électrodes durant 30 secondes.

« On retire alors la plaque daguerrienne, on la lave dans de l'eau distillée, et si l'argent était bien homogène et ne présentait point de stries, le dessin original aura pris une belle couleur de terre de Sienne, produite par la couche d'oxy-chlorure formée pendant l'opération. On place l'épreuve dans un plat contenant une solution très faible d'ammoniaque, et on frotte légèrement sa surface avec du coton bien doux, jusqu'à ce que tout le dépôt ait disparu; on replonge aussitôt dans de l'eau distillée et on fait sécher avec soin. L'opération est alors terminée, et l'on obtient une gravure parfaite du dessin original, dessin qui donnera une épreuve *positive*, c'est-à-dire dont les lumières et les ombres seront disposées comme dans la nature. Sous ce rapport, cette épreuve sera plus correcte que l'original, car elle ne sera pas renversée. Les caractères d'imprimerie sont dans leur position normale, ainsi que les côtés droit et gauche de la face, lorsqu'on opère sur un portrait.

« Toutefois, la gravure des épreuves daguerriennes offre une difficulté insurmontable. Si les plaques sont gravées assez profondément pour donner une bonne épreuve, quelques-unes des lignes les plus délicates de l'original se confondront nécessairement, et la beauté principale de ces délicieux dessins sera détruite. Mais si, au contraire, on n'a continué l'opération que pendant le temps nécessaire pour produire la gravure exacte de l'épreuve, ainsi qu'on peut le faire parfaitement, le nettoyage que l'imprimeur lui fait subir, suffit pour détruire sa beauté et l'on n'obtient qu'une épreuve très imparfaite, parce que les molécules de l'encre d'imprimerie sont trop grosses pour la profondeur du trait gravé. (*Proceedings electrical society*, 1er vol., p. 98.) »

Ce procédé de MM. Grove et Gassiot ne doit pas être confondu avec celui imaginé par M. Fizeau, où on n'emploie que très accessoirement l'électricité, et qui sera décrit au mot PHOTOGRAPHIE.

Nous avons ainsi parcouru les nombreuses et si variées applications de la galvanoplastie aux arts et à l'industrie, et cependant nous n'avons pas encore tout dit ; chaque jour voit éclore de nouveaux procédés qui, peut-être, auront de l'importance, mais qui, peut-être aussi, ne seront jamais que des jeux d'enfants. La galvanoplastie est un art trop nouveau pour que l'on sache encore jusqu'où s'étendra la révolution qu'elle pretend introduire dans les procédés industriels. Nous ne parlons donc pas des applications qui ne nous sont pas encore bien connues, d'étoffes galvanisées au point d'en faire des toitures légères et imperméables, de vêtements métalliques, etc., etc. Il est sage d'attendre.

BARRAL.

GANGUE (*angl.* veinstone, *all.* gangart). Les minéraux métalliques qui sont traités en grand dans l'industrie métallurgique sont dits des *minerais*. Les minerais ne se rencontrent pas généralement isolés dans la nature ; ils sont ordinairement associés à d'autres minerais d'une valeur secondaire ou à des matières pierreuses ; ces minerais accessoires portent le nom de *gangues*. Les gangues métalliques les plus communes sont les pyrites de fer, le fer spathique, les divers oxydes de fer et la blende ; les gangues pierreuses sont le quarz, le feldspath, le carbonate de chaux pur ou combiné avec d'autres carbonates, l'arragonite, le sulfate de chaux et le spath-fluor, le sulfate et le carbonate de baryte. Comme nous parlons de ces divers minéraux, soit à leur nom, soit aux articles GÉOLOGIE et MINÉRALOGIE, nous n'y reviendrons pas ici, et nous nous contenterons de dire quelques mots sur les *feldspaths* qui abondent dans certaines roches, telles que les *granites*, etc., et se trouvent quelquefois dans les filons d'étain.

Il y a un assez grand nombre d'espèces de *feldspaths*, mais nous ne parlerons ici que des deux espèces les plus abondantes, le feldspath proprement dit ou *orthose*, et l'*albite*. Le *feldspath orthose* est l'espèce la plus commune, il a une cassure lamelleuse et raie le verre ; sa densité est de 2,37 à 2,39 ; il est inattaquable par les acides, et fond au chalumeau en un émail blanc. Les cristaux sont très souvent hémitropes, mais ne présentent jamais d'angles rentrants. Sa composition est représentée par la formule minéralogique $K Si^3 + 3 Al Si^3$. L'*albite* a un certain éclat que ne possède pas le feldspath ; elle s'en distingue principalement en ce que les cristaux, presque toujours hémitropes, présentent alors un angle rentrant ; elle est inattaquable par les acides, et fusible au chalumeau en email blanc ; sa composition est représentée par la formule minéralogique $Na Si^3 + 3 Al Si^3$, qui ne diffère de celle de l'orthose que par le remplacement de la potasse par son équivalent de soude.

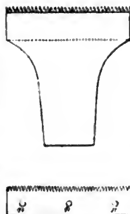
Avant de soumettre les minerais au traitement métallurgique, il est nécessaire de les débarrasser autant que possible de leurs gangues, ce qui se fait en les soumettant à une *préparation mécanique* que nous décrirons à l'article MÉTALLURGIE.

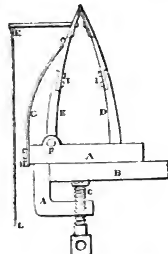
GANCE. Petit cordonnet d'or, d'argent, de soie, de coton ou de fil plus ou moins gros, rond, carré ou même plat. Il se fabrique à la *machine à faire les lacets* (voyez CORDONNET), lorsqu'il est rond ou plat, et surtout lorsqu'il n'est pas large. On le fait quelquefois au boisseau, d'autres fois à la navette sur le métier, et lorsqu'il est façonné, on le travaille comme les rubans et galons (voyez RUBANS).

GANTS (*angl.* gloves, *all.* handschuhe). La fabrication des gants en peau est très simple : on prend ordinairement de la peau de chevreau convenablement préparée, on la découpe à la main ou le plus souvent à l'aide d'emporte-pièces, dont on a un assortiment de diverses grandeurs, qui portent des numéros différents, et on fait ensuite les coutures, soit à la main, soit à la mécanique.

Un Anglais a introduit à Paris un appareil très simple, représenté en profil fig. 1068, pour faciliter la cou-

1069. 1068.





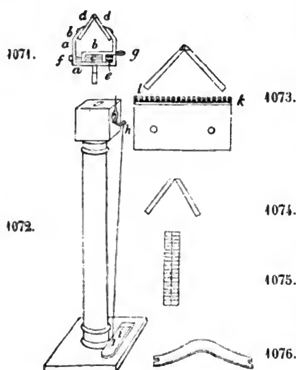
1070.

ture des gants : cet appareil ressemble à une pince en fer, dont la partie supérieure des deux mâchoires se compose d'une sorte de peigne en laiton (fig. 1070), fixé sur chacune des machines au moyen des vis *n*, *n*, *n*, comme on le voit fig. 1069 et 1070. Les dents de ce peigne n'ont que 2 1/2 à 3 millimètres de long, et sont parfaitement régulières. La pince A A est fixée sur le bord de l'établi B au moyen de la vis C ; l'une des mâchoires D est fixée, l'autre E, est mobile à charnière autour du point F. La partie supérieure en laiton des deux machines est fixée en I, I, au moyen de fortes vis, à la partie inférieure en fer. La machine mobile E est naturellement pressée contre la machine fixe D, par un ressort G, fixé en H sur le bâti A. Un levier K, que l'on fait mouvoir à l'aide d'une tringle L et d'une pédale, sert à desserrer les mâchoires afin d'introduire entre elles la pièce à coudre. Celle-ci étant placée dans une position convenable, l'ouvrière retire son pied de dessus la pédale, et passe successivement son fil à travers toutes les dents des peignes, en faisant glisser son aiguille sur le fond de chaque entaille. Dès que la partie engagée entre les peignes est cousue, l'ouvrière la dégage en mettant le pied sur la pédale, engage la partie suivante et continue son travail. La couture ainsi exécutée est très régulière et va extrêmement vite. Il va sans dire que le profil des peignes et l'écartement de leurs dents doit varier suivant la forme des parties à réunir par une couture, et selon que le point doit être plus ou moins serré.

La machine de M. J. Winter est analogue à la précédente, mais un peu plus compliquée, et est représentée fig. 1071. La mâchoire fixe *a a*, porte un tenon qui sert à la fixer sur le pied, fig. 1072, portant deux guides fixes *c*, sur lesquels glisse, à mouvement d'étau parallèle, la mâchoire mobile *b b*. Les deux mâchoires sont placées l'une contre l'autre par un ressort placé en *e*, et représenté fig. 1076. La mâchoire *b*, porte en *g*, un anneau serré par l'une des extrémités d'un levier *h*, qu'on manœuvre à l'aide d'une tringle en fer et d'une pédale *i*, et qui permet d'ouvrir les mâchoires pour y introduire la partie du gant à coudre. Les parties supérieures, *d*, *d*, des deux mâchoires ont des formes variables, dont les fig. 1073 à 1075 donneront une idée.

Au lieu de ces appareils, on emploie dans quelques localités des emporte-pièces, qui en découpant les gants

font du même coup les trous par où doit passer la soie qui sert à faire les coutures, au moyen de sortes de peignes placés en arrière des tranchants de l'outil, ce qui facilite et abrége beaucoup le travail ultérieur.



Anciennement le pouce était une pièce rapportée; M. Jouvin est parvenu dans ces derniers temps à le confectionner comme les autres doigts, faisant corps avec le reste du gant. C'est cette absence de couture de rapport du pouce qui caractérise les gants Jouvin.

Les gants une fois cousus, on les étire, on les enveloppe dans un linge légèrement humecté d'eau, et on les bat pour leur donner de la souplesse et du moelleux, puis on les met en presse.

GARANCE (*angl.* Madder, *all.* Færberrothe). La garance (*rubia tinctorum*) est la racine préparée d'une plante qui a donné son nom à la famille des rubiacés.

Cette plante, qui était connue des Grecs et des Romains, passe pour être originaire de l'Asie et du Midi: mais comme elle supporte les climats du Nord, sa culture s'est propagée dans presque toute l'Europe. Aujourd'hui, on cultive la garance dans l'île de Chypre, dans le Levant, en France, en Angleterre, en Hollande, en Suisse et en Allemagne.

Cette plante se multiplie par graine; cependant il est avantageux de la replanter avec les jets enracinés qui poussent au printemps.

La culture de la garance se fait généralement dans les terrains meubles et légèrement humides; cependant cette racine peut prospérer également dans tous les terrains, quand ils ont été parfaitement fumés.

D'après M. de Gasparin, il faut par hectare 57,600 kilogr. d'engrais normal pour cette culture, et dans les terrains secs on retire 1700 kilogr. de garance, ce qui fait un rendement de 2k,93 de garance pour 100 kilogr. de fumier.

Le terrain destiné à la plantation de la garance est préalablement défoncé à la bêche ou à l'aide d'un labour profond, les rejetons sont plongés dans l'eau avant d'être mis en terre.

En Alsace on plante ces rejetons en lignes espacées de 0m,35, et les plants sont eux-mêmes séparés par un intervalle de 0m,15 à 0m,18.

Ce n'est qu'au bout de trois ans qu'on tire la plante de terre, mais dans les pays, comme l'Alsace, où les gelées sont à craindre, il est prudent d'enlever les récoltes au bout de deux années, car un hiver rigoureux pourrait détruire la récolte. Dans le Levant, où on n'a pas à redouter les gelées, la récolte ne se fait qu'au bout de 5 à 6 ans, les produits s'accroissant avec le temps et cela d'une manière sensible. Dans le Midi, par exemple, une récolte de quatrième année pèse 4 à 500 kilogr. de plus qu'une de troisième année; peut-être cet excès de produit ne compense-t-il pas la prolongation de la culture.

La récolte de la garance est pénible et longue, car il faut à l'aide de la houe, et une à une, dégager les racines de la terre qui les environne.

La racine de garance est composée de trois parties distinctes : d'un cœur ligneux jaune, qui en occupe le centre dans toute la longueur; d'une partie corticale rouge; et enfin d'une pellicule légère et rougeâtre appelée épiderme.

C'est surtout dans la partie corticale que réside le principe colorant le plus utile, aussi cherche-t-on à l'isoler le plus possible; pour cela, les racines séchées à l'air, sur des filets ou dans des fours, sont remuées souvent, puis battues pour en séparer l'épiderme, la terre et les autres matières étrangères. Les débris qui résultent de ce traitement sont criblés, et ce qui reste sur le crible est un mélange d'écorces et de racines menues auquel on a donné le nom de *billon* ou de *mulle*. Ainsi épluchées, les racines sont broyées sous une meule de pierre, ou bien encore à l'aide de pilons armés de couteaux; un blutage en sépare ce qui reste de terre et d'épiderme : on a alors la garance nommée *non-robée;* après une seconde mouture, on en sépare comme précédemment la garance *mi-robée;* enfin la troisième mouture donne la garance *robée;* cette dernière passe pour la meilleure; cependant la garance mi-robée provenant de grosses racines est préférable. Quelquefois on ne fait qu'une seule qualité, mais alors on enlève la partie la plus pauvre par une première mouture; une seconde mouture donnera la garance appelée *garance grappe*. Dans le commerce, on a depuis longtemps réservé le nom spécial d'*alizari* aux racines entières, et le nom de *garance* aux racines pulvérisées. En teinture on recherche peu les alizaris, et en France celui d'Avignon est le seul employé.

Quant aux poudres ou garances, on les distingue, d'après leur provenance, en *garance de Hollande, garance d'Alsace* et *garance d'Avignon*. Avant l'apparition du mémoire de M. Girardin sur la garance, aucun des nombreux ouvrages qui ont parlé de cette matière n'a fait l'histoire de ces poudres; aussi est-ce à ce savant chimiste que nous emprunterons la description de ces trois sortes de garance du commerce, nous regrettons seulement de ne pouvoir donner qu'un résumé de son travail remarquable.

1° *Garance de Hollande*. La garance de Hollande dont l'emploi était jadis considérable en France, a disparu de nos marchés, par suite du droit élevé dont le gouvernement l'a frappée, pour encourager les cultures de l'Alsace et d'Avignon. Cette garance serait encore employée sans cela, car elle jouissait d'une vogue méritée.

L'odeur de la garance hollandaise est forte et nauséabonde, sa saveur est sucrée et amère, sa couleur varie du rouge-brun au rouge-orangé; elle est triturée grossièrement et sa poudre est grasse au toucher. A l'air cette garance absorbe facilement l'humidité (cette propriété de la garance exige que sa mouture se fasse dans des étuves chauffées à 40 degrés centigr.), propriété qu'elle doit au sucre qu'elle renferme; cette matière colorante offre avec le temps des modifications de couleur très prononcées, surtout si le contact de l'air humide est facile; elle exige avant son emploi au moins une année de tonneau, et c'est à trois ans qu'elle possède son maximum de vigueur tinctoriale; passé cet

âge sa fermentation continue, elle brunit et perd de plus en plus de sa valeur.

Les marques connues sur nos marchés sont :

Mulle O, Surfine, Non robée ou robée,	ou bien	Mulle, Fine grappe, Surfine grappe.

Le mot *grappe* indique que la poudre est consistante et agglomérée.

Cette sorte de garance venait jadis de Hollande dans des fûts de chêne pesant pleins environ 600 kilogr.

2° *Garance d'Alsace.* Cette garance qui a remplacé chez nous la précédente est loin de la valoir.

Son odeur est plus pénétrante que celle de la garance hollandaise, et sa saveur amère est moins sucrée; sa trituration est assez grosse; sa couleur varie du brun au jaune vif; elle absorbe très facilement l'humidité et en fermentant elle devient rouge foncé, tandis que la garance précédente passe au rouge vif dans les mêmes circonstances.

La garance d'Alsace se durcit également dans les barriques; à mesure qu'elle vieillit, sa couleur se fonce. Quoique subissant le *robage*, cette garance n'est jamais désignée sous les noms de *robée* ou *non robée*. Les marques connues sont les suivantes :

O, mulle
MF, mi-fine.
FF, fine-fine.
SF, surfine.
SFF, surfine-fine.

On emploie généralement la marque FF.

Les garances alsaciennes viennent en fûts de chêne de 600 kilogr, en demi-barriques de 300 kilogr., en quarts de barriques de 150 kilogr., et quelquefois en barils de 100 kilogr. C'est à Strasbourg, Haguenau et Gëiselbrunn que ces garances se préparent principalement.

3° *Garances d'Avignon.* Les garances du midi de la France sont généralement employées de préférence aux autres, car elles permettent au teinturier de varier plus facilement les couleurs. Les garances précédentes ont presque toujours la qualité indiquée par la marque, celles d'Avignon au contraire présentent de grandes différences pour une même marque, cela tient à ce que chaque fabricant a sa marque.

Les poudres du comtat Venaissin ont une odeur agréable, une saveur amère et sucrée, et leur aspect varie du rose au rouge-clair ou brun; leur trituration est très fine, on ne voit plus la texture de la racine, ce qui facilite les fraudes. La garance d'Avignon attire moins facilement l'humidité de l'atmosphère, mais elle fermente tout autant que les autres en devenant rouge tendre ou rouge foncé, suivant que la poudre est ou *rosée* ou *palus*.

La meilleure garance est faite avec les racines des *palus*, nom qu'on donne dans le Midi aux terres engraissées de détritus organiques provenant d'anciens marécages : ces terres fournissent des racines *rouges*, tandis que les autres terres les donnent *rosées*.

La garance moitié *rosée*, moitié *palus*, donne une matière colorante avantageuse à la vente, et le rouge qu'elle produit est brillant et corsé.

Les garances d'Avignon sont dites *épurées*. Une garance est épurée de 3 à 15 p. 100. Or, *l'épuration* d'une garance consiste dans l'extration de l'épiderme, il faudrait donc admettre qu'une racine contient plus ou moins d'épiderme, et cela dans un rapport tel que le poids de cet épiderme est à celui de la racine :: 1 : 7 ; 10 : 15.

La garance d'Avignon peut s'employer en sortant des moulins, cependant un an de tonneau lui est favorable; cette garance fermente peu et ne s'agglutine pas, cependant elle se décompose à la longue comme les autres. Son peu de fermentation est dû à ce qu'elle renferme peu de matières azotées, matières abondantes dans les garances d'Alsace et de Hollande, où elles déterminent une fermentation acide en jouant le rôle de ferment.

La dessiccation qu'on fait subir aux garances d'Avignon est cause des différences de nuances qu'on y remarque. Si on sèche à une température trop élevée, la poudre se ternit, sans rien perdre de ses qualités.

Les garances sont : ou palus,
— — ou rosées,
— — ou mi-palus, mi-rosées; on ajoute un P pour désigner une garance palus.

Les marques actuelles sont les suivantes :

Mulle, En sorte,	sans marques distinctives.
FF, SF, SFF, SFFF, EXTF, EXTSF, EXTSFF,	à chacune de ces marques on ajoute la lettre : P pour palus, R pour rosée, PP pour palus pur, RPP pour rouge palus pur, moitié palus, moitié rosée, sans distinction.

On rencontre quelquefois les marques ridicules de :

EXTSFFRPP,

qui signifient : *Extra surfine-fine, rouge palus pur.*

La garance *extra-fine* est obtenue par le broyage du cœur ou de la partie ligneuse des racines; la couleur qu'elle fournit est moins riche en principe colorant, mais sa teinte est beaucoup plus vive.

Les garances d'Avignon viennent en fûts de bois blanc du poids de 900 kilogr.; ces barriques sont doublées intérieurement de cartons épais qui empêchent l'entrée de l'air.

La production de la garance en France est des plus prospères, on peut dire qu'elle ira toujours en croissant. En 1837 la récolte des alizaris s'est élevée, dans le comtat Venaissin seulement, à 1,200,000 kilogr., représentant 48,000 à 50,000 barriques; en 1838 la récolte a été un peu moins abondante.

D'après les états des douanes ;

En 1840 on a exporté de France 2,161,158 kilogr. d'alizaris représentant une valeur de 1,620,869 fr., et 12,114,054 kilogr. de garance dont la valeur est représentée par 12,114,054 fr.

En 1841 l'exportation de ces deux matières a été un peu moindre.

L'importation des alizaris et des garances de l'étranger est presque nulle depuis que leur entrée est frappée d'un droit élevé.

En 1841, il est entré en France 156,053 kilogr. d'alizaris valant 117,040 fr., et 80,399 kilogr. de garance d'une valeur de 80,399 fr.

La garance, comme tous les produits chimiques d'une grande importance, a fixé l'attention de la plupart des hommes remarquables voués à l'étude de la chimie, et malgré les savantes investigations qu'elle a subies, sa composition n'est pas encore bien connue; c'est ce qui atteste la difficulté des recherches faites sur un pareil corps.

La garance renferme plusieurs matières colorantes de nuances diverses, mais le principe rouge le plus important est *l'alizarine* découverte par Robiquet. Cette matière s'obtient en traitant la poudre de garance par l'acide sulfurique. Après un contact de plusieurs jours, les matières organiques mêlées à l'alizarine sont carbonisées, et alors on enlève l'acide par de nombreux lavages à l'eau; le résidu séché est traité successivement par l'alcool froid qui enlève les matières grasses, puis par l'alcool bouillant qui dissout le principe colo-

rant. L'alcool qui tient en dissolution l'alizarine est étendu d'eau, puis distillé : à mesure que la distillation s'opère, la matière colorante se dépose et on la sépare du liquide restant par une filtration.

L'alizarine ainsi obtenue est à peine soluble dans l'eau bouillante ; l'alcool et surtout l'éther la dissolvent facilement, elle colore ce dernier en jaune orangé. Dissoute dans les liqueurs alcalines, elle leur donne une coloration violette d'une grande beauté.

L'alizarine par l'action de la chaleur se sublime en beaux cristaux aiguillés, rouges et brillants ; elle est volatile et insoluble dans l'acide sulfurique, propriétés qui n'appartiennent qu'aux couleurs éminemment solides.

MM. Robiquet, Colin et Kuhlmann ont trouvé dans la garance :

Une matière colorante rouge, qui est l'alizarine.
— — rose, nommée purpurine.
— — jaune, — xanthine.
De la gomme,
Du sucre,
De la pectine,
Une résine odorante,
Une matière amère,
Une matière azotée,
Un acide organique,
Du ligneux,
Enfin des sels nombreux de potasse et de chaux.

D'après Robiquet, les couleurs formées par la matière rouge de la garance sont très solides ; celles au contraire qui ont pour base la matière rose, le sont fort peu

M. Runge a trouvé dans la garance sept principes différents, qui sont :

Le pourpre de garance,
Le rouge de garance,
L'orange de garance,
Le brun de garance,
L'acide garancique,
Et l'acide rubiacique.

Ce chimiste allemand n'a pu économiquement obtenir purs les trois premiers produits qui seuls sont importants.

D'un autre côté, il semblerait résulter des expériences de M. Decaisne que la garance à l'état vivant ne contient qu'un principe colorant, liquide et jaune ; à l'air, ce liquide, de jaune qu'il était, passe au rouge, et cette transformation est d'autant plus rapide que la division de la plante est plus complète. Les expériences chimiques de M. Schwartz semblent confirmer l'opinion émise par M. Decaisne sur l'unité du principe colorant de la garance.

Depuis quelques années, on a livré au commerce de nouveaux produits obtenus à l'aide de la garance, ils sont connus sous les noms de *garancine* et de *colorine*.

La garancine est tout simplement le charbon sulfurique de MM. Robiquet et Colin, auquel on a enlevé les dernières traces d'acide par des lavages nombreux.

MM. Robiquet et Colin prirent en 1828 un brevet pour l'extraction de ce produit. Le but de ces chimistes était d'extraire toute la matière colorante de la garance, matière dont on n'utilise pas la moitié par les procédés ordinaires. Effectivement, dans le bain du teinturier, la garance se divise en deux portions, dont l'une est dissoute ou en suspension dans l'eau, tandis que l'autre demeure fixée dans le résidu ligneux et ne sert à rien.

Pour mettre la matière colorante à nu, et la séparer des corps qui pourraient la retenir malgré l'affinité des mordants, MM. Robiquet et Colin ont employé l'acide sulfurique concentré à forte dose : voici du reste, la description de leur procédé de fabrication telle qu'ils l'ont indiquée.

« On délaie la garance dans cinq à six parties d'eau froide, et on la laisse macérer du soir au lendemain, afin de donner le temps à la portion de matière colorante qui se dissout d'abord de pouvoir se précipiter ensuite, comme cela arrive dans la coagulation spontanée de la gelée ; alors on jette le tout sur des toiles, et quand le marc est suffisamment égoutté, on le soumet à la presse, puis on le reprend pour le délayer de nouveau dans une semblable quantité d'eau ; on remet immédiatement à la presse, et on réitère encore une fois cette même opération.

« Lorsque ces trois lavages sont terminés, on délaie ce marc encore humide et bien écrasé avec une demi-partie d'acide sulfurique, eu égard à la quantité primitive de garance employée ; mais il faut que cet acide soit étendu de plus ou moins d'eau suivant la température, et seulement au moment de l'employer, afin de mettre à profit la chaleur qui se dégage pendant le mélange. Cet acide, ainsi étendu, est donc versé tout chaud sur la garance, puis on brasse le tout avec autant de rapidité que possible, et quand on juge que le mélange est bien opéré, on élève la température à 100°, et on la maintient à ce degré pendant une heure environ. Au bout de ce temps, la matière est délayée de nouveau dans une quantité convenable d'eau, filtrée et lavée sur les toiles jusqu'à ce que le liquide soit parfaitement insipide. Alors on soumet la matière à la presse, puis on la fait sécher et passer au tamis.

« Dans cette opération, l'acide n'a subi d'autre altération que de s'affaiblir et de se charger de quelques sels calcaires, ce qui ne l'empêche pas d'être propre à la fabrication du sulfate de soude ; on pourra peut-être utiliser aussi le premier lavage aqueux, qui contient beaucoup de matière sucrée qu'on peut facilement transformer en alcool. »

Ce procédé fut d'abord mis en usage en 1829, mais la garancine n'a été employée d'une manière courante qu'en 1839, notamment à Rouen et en Alsace.

On compte aujourd'hui douze à quinze fabriques de garancine à Avignon, et une ou deux en Alsace. Les fabricants d'Avignon retirent ce produit des garances du comtat Venaissin même ; ceux d'Alsace sont obligés pour augmenter la force de leur garancine d'employer avec les garances alsaciennes une petite quantité de garance du Midi.

Les procédés de fabrication de la garancine varient un peu suivant les fabriques ; aujourd'hui cette nouvelle matière colorante vaut 4 fr. 50 c. à 5 fr. le kilogr. avec escompte de 6 p. 100.

Les variétés de garancines sont nombreuses, on en rencontre dans le commerce qui rendent quatre fois la valeur de la matière colorante de la garance qui a servi à les obtenir, tandis que d'autres ne donnent que deux fois et demie cette valeur : on peut admettre qu'en général une bonne garancine vaut trois fois plus qu'une bonne garance.

La consommation de la garancine est en moyenne de 1600 à 1800 barriques de 300 kilogr. par an pour celle d'Avignon, et de 4 à 600 fûts de même contenance pour celle d'Alsace.

La quantité de garance employée en teinture a baissé de près de moitié depuis l'introduction de la garancine ; mais ce changement dans l'emploi de la matière colorante n'a pas changé le mode de garançage, et les mordants sont restés les mêmes.

Il existe des garancines mal lavées et acides avec lesquelles on emploie de la craie pour les neutraliser en partie, car une trop grande acidité est nuisible, il faut éviter autant que possible cet emploi et même celui des alcalis.

Les garancines ont un grand avantage sur la garance,

elles ne *chargent* pas les blancs comme cette dernière, et le blanchiment des étoffes garancées devient alors presque nul.

Les nuances obtenues par la garancine sont plus brillantes et plus vives que celles fournies par la garance; cependant toutes les garancines ne donnent pas les mêmes nuances avec la même richesse et le même éclat.

M. Léonard Schwartz de Mulhausen a pris un brevet de 15 ans, en 1845, pour la fabrication d'une garancine préparée avec les résidus de garance qui a déjà servi à la teinture; ce produit qu'il a nommé *garanceux*, est beaucoup moins riche en principe colorant que les bonnes garancines ordinaires, il a à peu près la même valeur tinctoriale que les garances, et son prix d'achat est de 2 fr. 25 c. le kilogr.

M. Steiner a pris aussi la même année un brevet en Angleterre, pour la préparation de la garancine avec les résidus de garance; son procédé a une grande analogie avec celui de M. Schwartz, voici du reste comment il opère : En dehors des bâtiments où se trouvent les cuves de teinture on établit un grand filtre en creusant un trou dans la terre et en garnissant cette cavité, au fond et sur les parois, de briques sans mortier pour les unir. Sur les briques du fond on met une certaine quantité de pierres et de graviers, et sur ces derniers on pose une grosse toile à voile. Au dessous du fond en brique on a disposé un canal qui sert à évacuer les eaux de filtration. Près du filtre, se trouve dans un tonneau de l'acide sulfurique étendu d'eau et d'un poids spécifique de 105, celui de l'eau étant 100.

Des cuves de teinture, la garance est dirigée, par un conduit, dans le filtre, tandis qu'en même temps on verse une certaine quantité de l'acide étendu, dans le même conduit ; la garance se colore alors en jaune orange, et l'acide précipite la matière colorante qui était dissoute et l'empêche de fermenter. Une fois que le filtre a séparé les liquides des matières en suspension, on enlève ces dernières pour les mettre dans des sacs qui sont ensuite pressés entre les plateaux d'une presse hydraulique. Ces sacs perdent par cette pression une quantité d'eau égale à la moitié et quelquefois aux deux tiers de leur poids. Le résidu retiré des sacs est brisé, puis tamisé, et à cette matière, qu'on met dans une cuve en bois doublée de plomb, on ajoute le cinquième de son poids d'acide sulfurique à 60° qu'on répand uniformément sur la garance à l'aide d'un arrosoir en plomb. On brasse le mélange : quand le contact a été bien établi, on retire la garance pour la mettre dans une autre cuve sur un double-fond en plomb percé de trous; sous le faux-fond on introduit un courant de vapeur qui traverse ce faux-fond et imprègne la matière.

Pendant ce travail qui dure deux heures au plus, il se forme une substance brune qui est composée d'un mélange de garancine et de matières organiques carbonisées. Cette substance est alors étendue sur le sol où elle se refroidit, après quoi on la jette sur un filtre ou on l'épuise par l'eau froide jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus acide. Remise en sacs et pressée de nouveau, cette garancine est séchée à l'étuve et réduite en poudre, puis passée au tamis.

Pour la neutraliser complétement, M. Steiner ajoute à cette substance la vingt-cinquième partie de son poids de carbonate de soude sec qu'on y mélange le plus intimement possible. C'est à cet état qu'on emploie cette garancine.

Le produit commercial connu sous le nom de *colorine* est le résidu de la distillation des teintures alcooliques provenant du traitement du *charbon sulfurique* par l'alcool. Le résidu qui est de l'alizarine mêlée d'un peu de matières grasses est retiré de l'alambic pour être délayé dans l'eau, puis pressé dans le but d'en éliminer la matière grasse; cela fait on le dessèche et on le réduit en poudre; la poudre qu'on obtient est jaune d'ocre, elle est sans odeur ni saveur marquées et possède toutes les propriétés chimiques de l'alizarine.

MM. Pariset, Gastard et Fauquet de Rouen furent les premiers qui firent l'application en teinture de la colorine; mais l'emploi véritablement manufacturier de ce produit est dû à MM. Girardin et Greiley. Cette nouvelle matière colorante portera, sans aucun doute, une grande simplification dans l'industrie des indiennes, et accélérera surtout les procédés d'impressions.

La colorine de ces messieurs se vend à Rouen 40 fr. le kilogramme.

Comme tous les produits commerciaux dont le prix est élevé, les garances sont l'objet d'une foule de fraudes qu'il est bon de signaler. Tantôt on mélange à la poudre de garance des substances minérales, telles que la brique pilée, l'ocre rouge et jaune, le sable et l'argile jaunâtre; tantôt, au contraire, c'est avec des substances végétales qu'on altère les garances, et on a soin de choisir celles dont la couleur se rapproche de la nuance de cette racine. On emploie souvent de la sciure de bois, des coques d'amandes, du son, de l'écorce de pin, du bois d'acajou, du bois de santal, etc. Ces poudres étrangères non seulement diminuent d'autant la valeur des produits tinctoriaux, mais encore absorbent de la matière colorante, aussi nuisent-elles beaucoup plus à la teinture que les matières minérales.

Pour reconnaître l'adultération des garances, on est obligé d'essayer ces matières. Notre but n'est pas ici d'entrer dans les détails des procédés chimiques employés pour reconnaître ces fraudes et faire l'essai des garances; nous nous contenterons de renvoyer nos lecteurs aux procédés très simples dus à M. Girardin, et qui se trouvent décrits dans la *Technologie de la garance*, mémoire dont nous avons déjà parlé.

GARANTIE. Les matières d'or et d'argent, sous quelque forme qu'elles paraissent dans le commerce, doivent porter l'empreinte de leur titre, c'est-à-dire de la quantité proportionnelle de fin qu'elles renferment, c'est ce qu'on nomme la *garantie*, parce qu'en effet cette empreinte est dans la circulation le signe de reconnaissance, le gage de la fabrication qui garantit les droits entre l'acheteur et le vendeur.

La matière est brute ou fabriquée : brute, elle est présentée en *lingots* sur lesquels on inscrit avec un *poinçon* le nom de l'essayeur ou des essayeurs, car l'acheteur et le vendeur emploient le plus souvent chacun leur essayeur, pour faire vérifier la teneur en argent ou en or fin. Si les essayeurs, qui sont des officiers de commerce, ne sont pas d'accord entre eux, on peut avoir recours à un essayeur de la garantie, qui est un officier de l'administration; et enfin, dans le cas où les parties ne s'en rapporteraient pas à ce dernier, l'administration des monnaies est appelée à juger en dernier ressort, en faisant faire l'essai dans les laboratoires : toutefois elle n'intervient que pour contrôler les opérations des essayeurs de la garantie, qui sont des agents sous sa dépendance, et non celles des essayeurs du commerce, qui exercent une profession libre, et qui ne sont soumis qu'à obtenir préalablement un brevet de capacité. La matière fabriquée constitue les *monnaies* et les *objets d'orfèvrerie ou de bijouterie*, et doit toujours être soumise, avant la mise en circulation, à une garantie légale, et ne peut donc, par conséquent, être contrôlée que par les seuls agents de l'administration, par les essayeurs de garantie. Les titres voulus par la loi, ainsi que la manière de procéder aux essais des matières d'or et d'argent, ayant été indiqués avec détails à l'article ESSAI, nous n'y reviendrons pas ici, et nous rappellerons seulement que la garantie est régie par la loi du 19 brumaire an VI.

GAUDE (*angl.* weld, *all*, wau). Plante herbacée qui croît naturellement dans toute l'Europe, mais particu-

lièrement dans les lieux sablonneux ; c'est une espèce de *réséda*, à laquelle Linnée a donné le nom de *luteola*, à cause de la couleur jaune qu'elle contient.

La gaude est employée en teinture pour teindre en jaune et en vert. On en fait aussi une laque jaune très solide employée dans la peinture. La matière colorante de la gaude a été isolée par M. Chevreul, qui lui a donné le nom de *lutéoline ;* elle cristallise en cristaux aciculaires, peu solubles dans l'eau, beaucoup plus dans l'alcool et l'ether, et qui se subliment par l'action de la chaleur sans se décomposer.

GAUFRAGE. On donne le nom de *gaufreur* à l'ouvrier qui imprime des figures en bas-relief sur une étoffe quelconque, avec des fers chauds ou des cylindres gravés ; les instruments gravés dont il se sert se nomment *gaufroirs*, et l'action d'appliquer les fers chauds sur l'étoffe, pendant un temps suffisant pour que les diverses figures prennent la forme désirée et puissent la conserver, se nomme *gaufrage*.

Le *gaufroir* est ordinairement composé de deux parties : le gaufroir proprement dit, et sa contre-épreuve ; le premier est en laiton gravé en creux, et sa contre-partie peut être en carton qui se moule sur le gaufroir ; des chevilles de repere servent à les placer toujours l'un sur l'autre sans pouvoir se tromper. On humecte légèrement la substance qu'on veut gaufrer, on la place sur le dessin du gaufroir un peu échauffé, on recouvre avec la contre-partie et l'on met à la presse. On les laisse en repos jusqu'à ce que le gaufroir soit froid, et on retire alors la piece à gaufrer qui a parfaitement pris l'empreinte.

Lorsqu'on gaufre au cylindre, celui-ci porte la gravure sur sa circonférence convexe ; des fers chauds sont placés dans l'intérieur du cylindre, et l'échauffent suffisamment. Le cylindre inférieur est recouvert de draps fortement tendus et élastiques, qui servent de contre-épreuve. L'étoffe légèrement humectée passe lentement et sous une forte pression entre les deux cylindres ; elle a le temps de s'y sécher et d'être fortement imprimée.

GAZ. Les gaz se distinguent des solides et des liquides par la tendance qu'ont leurs molécules à occuper tout l'espace qui leur est offert, et réciproquement à pouvoir se comprimer sous un très faible volume, en raison inverse de la pression à laquelle ils sont soumis, ce qui constitue la *loi de Mariotte*, et leur a fait donner le nom de *fluides élastiques*.

Les gaz se distinguent en gaz permanents et gaz coërcibles : ces derniers sont ceux que l'on est parvenu à liquéfier et même à solidifier par l'action d'un grand froid, d'une pression considérable, ou de l'un et de l'autre : ce sont le chlore gazeux, le gaz ammoniac, le protoxyde d'azote, l'hydrogène sulfuré, et les acides sulfureux, hydro-chlorique et carbonique (voyez pour les propriétés de chacun de ces gaz à leur nom).

Les vapeurs rentrent dans les gaz coërcibles ; nous en parlerons aux articles MACHINE A VAPEUR et VAPEUR.

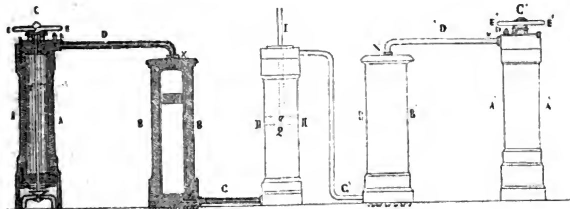
GAZ (*éclairage au*). Voyez ÉCLAIRAGE.

GAZ (MACHINE A). Nous rapportons simplement, comme intéressant par les ingénieuses dispositions qui y sont employées, la machine à gaz acide carbonique de notre célèbre compatriote M. Brunel.

L'acide carbonique, qui se liquéfie sous une pression de 40 athmosphères, développe à 80° (en redevenant gazeux) une pression de 80 atmosphères au moins. C'est, d'après cette donnée, que Brunel imagina de substituer l'acide carbonique à la vapeur d'eau pour faire mouvoir les machines. Son appareil est formé de cinq cylindres AA, BB, HH, B'B', A'A' (fig. 1077) verticaux, communiquant entre eux. Les cylindres extrêmes renferment l'acide carbonique, qui y est comprimé et liquéfié une fois pour toutes à l'aide d'une pompe. Chacun d'eux joue alternativement le rôle de chaudière et de condenseur, et à cet effet ils contiennent plusieurs tubes cylindriques longitudinaux T, dans lesquels on fait passer successivement de l'eau chaude et de l'eau froide. Cet acide passe dans les cylindres BB, B'B', par les tuyaux D, D', et presse des pistons mobiles au-dessous desquels est située une masse d'huile. L'huile remplit le cylindre central HH, et communique la pression à son piston *a*, dont la tige I transmet le mouvement au reste de la machine. Pour concevoir le jeu de cet appareil, imaginons que l'eau chaude coule dans AA, et l'eau froide dans A'A', l'acide carbonique pressera plus fortement le piston de BB que celui de B'B', et le piston *a* de HH montera. Lorsque celui-ci sera au haut de la course, on fera passer de l'eau froide dans AA et de l'eau chaude dans A'A', et le piston *a* prendra un mouvement contraire au précédent. L'emploi des cylindres intermédiaires BB, B'B' et de l'huile est motivé sur la nécessité d'éviter les fuites d'acide carbonique ; mais il en résulte une perte de force considérable.

M. Brunel fut obligé de renoncer à cette invention, dont le principe était faux ; car, comme nous l'avons dit à l'article CALORIE (voyez ce mot), le travail produit par l'expansion d'un corps réduit en vapeur, puis, ramené à son etat primitif, ne dépend que de la quantité de chaleur employée, et nullement du point d'ébullition de ce corps et de son plus ou moins grand coefficient de dilatation. La quantité de chaleur employée dans cet appareil étant minime, le travail ne pouvait être que minime.

GAZE. Tissu léger fait en soie, ou en soie et fil de



1077.

lin, dont le caractère particulier, consiste dans l'écartement des fils de la trame, maintenus constamment à des distances égales, par le serpentement de deux fils de chaîne l'un sur l'autre, qui n'en présentent ensuite qu'un à l'œil, et dont l'ensemble avec le fil de trame forme un tissu criblé de trous. (Voyez LIN, SOIE).

GAZE MÉTALLIQUE. Toile en fil de métal, de fer ou de cuivre, dont le tissu est plus ou moins serré, et qui est employée à la confection des LAMPES DE SURETÉ. On s'en est aussi servi pour remplacer l'étamine dans les blutoirs à farine, etc., mais on y a actuellement généralement renoncé.

GAZOMÈTRE. Réservoir servant à emmagasiner le gaz destiné à l'éclairage, au fur et à mesure de sa production. (Voyez ÉCLAIRAGE).

GÉLATINE. Nous avons vu, en parlant de la fabrication des COLLES-FORTES, que la *gélatine* peut s'extraire des *os* par deux procédés différents ; dans l'un, la gélatine reste pour résidu, tandis que la partie calcaire est dissoute ; dans l'autre, au contraire, la gélatine est entraînée à l'état de dissolution, et le squelette osseux qui reste sert à fabriquer le noir animal, comme nous le verrons plus tard.

Gélatine par les acides. Cette préparation consiste à dissoudre, au moyen de l'acide hydro-chlorique, les sels calcaires contenus dans les os, et à mettre ainsi en liberté la matière animale qui n'est pas attaquée par cet acide étendu.

Les os sont à peu près composés de :

40 p. 100 de matières animales;
60 p. 100 de phosphate et de carbonate de chaux.

Dans les 60 p. 100 de sels calcaires, le phosphate de chaux entre pour les quatre cinquièmes, et le carbonate pour un cinquième seulement. L'acide dissout le carbonate en dégageant de l'acide carbonique, et transforme le phosphate neutre en bi-phosphate soluble en s'emparant d'une partie de sa base ; il y a formation de chlorure de calcium, et tous les sels sont ainsi dissous.

En pratique, tous les os ne sont pas également bons pour la préparation de la gélatine; les uns, par leur extrême cohésion, s'attaquent trop lentement; les autres ne donnent pas une proportion de gélatine suffisante pour couvrir les frais de l'opération. Ainsi, tous les os qu'on appelle *os gras* sont abandonnés aux fabricants de noir animal; voici ceux dont on fait surtout usage :

1° *Les cornillons de bœuf ou de vache.* Ce sont les os qui garnissent l'intérieur des cornes, leur porosité les rend facilement attaquables par l'acide hydro-chlorique, et ils donnent une proportion de gélatine plus considérable que tous les autres os ; le produit qu'on en retire est aussi de bonne qualité : ils valent à Paris de 14 à 16 fr. les 100 kilogr. :

2° *Les caboches.* Ce sont les os de la tête des bœufs ou des chevaux : comme ils sont très minces ils s'attaquent aussi très facilement et donnent une belle gélatine. Il faut, avant de les employer, en séparer à coups de hache les dents adhérentes à la mâchoire; ces dents emploieraient en pure perte de l'acide hydro-chlorique. Le prix de ces os est de 8 fr. les 100 kilogr.

3° *Les résidus des fabricants de boutons.* Ces déchets sont des os plats et très minces dans lesquels on a découpé les boutons; comme ils sont percés d'un grand nombre de trous, on leur a donné le nom de *dentelles;* ces résidus donnent une gélatine très blanche et de bonne qualité : on s'en procure des quantités considérables à Paris.

4° *Les têtes ou caboches de moutons.* Ces os donnent aussi une gélatine d'une grande blancheur, mais moins forte que celle des précédents et en plus faible proportion ; cette gélatine a en outre une tendance à devenir laiteuse, aussi peu de fabricants emploient ces os, et leur prix est très bas. Voilà à peu près les seules variétés qui soient employées.

Généralement on ne fait subir à ces os aucun traitement préliminaire ; il serait peut-être bon cependant, si l'on avait de l'eau en abondance, de les y plonger pendant quelque temps ; on en séparerait ainsi les matières étrangères et ils seraient ensuite plus facilement attaquables par l'acide employé.

Il est rare qu'on les réduise en morceaux, et comme ils renferment peu de graisse on se dispense le plus souvent d'en extraire cette matière. Quoi qu'il en soit, voici comment on procède à l'amollissement de ces os.

Dans de grands cuviers en bois ou dans des bacs rectangulaires doublés en plomb, d'une capacité d'environ 2 mètres cubes, on met les os à traiter avec une quantité égale d'acide hydro-chlorique à 23° Beaumé, étendu de quatre fois son poids d'eau. Les os doivent toujours être recouverts de 2 à 3 centimètres de liquide.

Les cuviers où se fait cette première opération doivent, autant que possible, être à l'abri du soleil, car une température élevée pourrait occasionner l'attaque de la matière animale elle-même.

Au bout de sept à huit jours l'amollissement des os est complet ; on les enlève avec une large écumoire en tôle, pour les porter de suite dans les cuviers en bois où on les lave à grande eau. Comme le bain acide n'est pas suffisamment épuisé par cette première immersion, on y ajoute une nouvelle quantité d'os égale à la première, et qui, en un jour ou deux, épuise complétement l'acide : ces os sont alors enlevés et portés immédiatement dans un bain neuf où ils restent comme les premiers, sept à huit jours. L'opération se continue ainsi toute l'année.

Cette manière d'opérer pourrait être plus méthodique en changeant plus souvent les os de bains acides ; on devrait également, si on le pouvait, laver avec plus de soin les os épuisés ; dans quelques usines on les expose à l'action d'un courant d'eau, et même on les plonge ensuite dans un bain d'eau de chaux pour saturer les dernières traces d'acide qu'ils pourraient renfermer encore.

Les eaux acides sont vendues, lorsque les localités le permettent, aux fabricants de phosphore qui en retirent le phosphate en dissolution. Ces mêmes eaux saturées par des eaux ammoniacales constituent un excellent engrais après leur évaporation.

Les os ramollis, après avoir été lavés à deux ou trois reprises, puis chaulés, sont exposés en plein air sur un sol pavé, ou mieux sur des filets à mailles solides et disposés en rayons, où ils se dessèchent ; cette dessiccation n'est pas seulement nécessaire pour l'emmagasinage, mais elle est aussi indispensable à la bonne qualité de la colle.

Pour convertir en gélatine ou colle-forte les os ramollis et desséchés, on les fait digérer dans de l'eau bouillante. Cette dissolution qui se fait dans des chaudières en tôle ou en fonte, ne donne de bons produits peu colorés, que si on a soin d'opérer à une température à peine égale à 100°. Pour satisfaire à cette condition, on fait usage dans quelques fabriques de vases chauffés au bain-marie. Ces appareils se composent d'une chaudière en tôle munie d'un double-fond sous lequel on introduit, à l'aide d'un entonnoir à robinet, l'eau qui doit recevoir l'action directe du foyer et par son contact chauffer l'appareil. Une soupape communiquant avec l'espace réservé entre les deux fonds, permet de régler à volonté la température du bain d'eau chaude. Cette disposition évite les coups de feu qui peuvent, avec de simples chaudières, brûler leur fond et colorer les produits. L'emploi de chaudières à bascule chauffées par un serpentin de vapeur serait probablement avantageux.

La dissolution de gélatine s'obtient en ajoutant la quantité d'eau suffisante pour n'avoir qu'à chauffer sans

évaporer; aussitôt qu'elle est terminée, on laisse déposer quelque temps, puis on soutire dans des moules en bois doublés de plomb ou de zinc. Avant de couler, on a soin de garnir le robinet de vidange d'un torchon de paille qui filtre en quelque sorte la dissolution et qui retient le marc de colle, c'est-à-dire les parties non dissoutes.

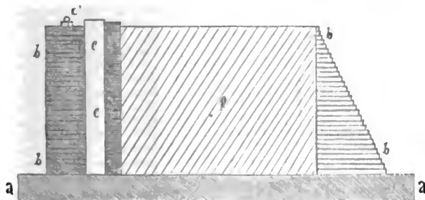
Quelquefois la solution gélatineuse est soutirée toute bouillante dans une seconde chaudière, enveloppée de corps mauvais conducteurs de la chaleur : c'est là que se fait la clarification. Après quelques heures de repos on coule dans les moules.

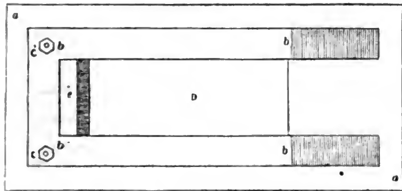
Les pains refroidis sont extraits des moules; ils ont à peu près 0m,20 de longueur, 0m,08 de largeur et 0m,15 d'épaisseur, il s'agit de les découper en feuilles minces qui n'ont quelquefois que 4 millimètres d'épaisseur.

A cet effet, on emploie des appareils simples et ingénieux : en Angleterre on fait usage d'une boîte en bronze à fond mobile; ce fond peut s'abaisser ou s'élever à volonté d'une quantité donnée, à l'aide d'une vis micrométrique. On dépose dans cette boîte le pain de gélatine à diviser, et on fait alors mouvoir le fond de l'appareil jusqu'à ce que le sommet du pain dépasse les bords supérieurs de la boîte d'une hauteur égale à l'épaisseur qu'on veut donner aux feuilles de colle; puis à l'aide d'un fil de laiton tendu qu'on promène sur deux bords parallèles des faces de la caisse; on enlève ce qui dépasse, on obtient ainsi une première tranche de gélatine. On soulève encore le fond de la même quantité, on coupe de nouveau ce qui dépasse la boîte et on continue de même jusqu'à ce que tout le pain soit divisé. La dernière tranche est mise de côté pour être refondue, car elle renferme les matières étrangères qui se sont déposées après le coulage en pains.

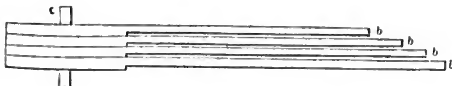
M. Grenet, de Rouen, emploie dans le même but un appareil dont nous donnons le dessin ci-dessous. La fig. 1078 en représente le plan, et la fig. 1079 la coupe verticale. Voici en quoi consiste cet appareil : sur une plate-forme en bronze *a*, est une série de plaques en laiton *b*, *b*, évidées à leur intérieur et posées les unes sur les autres; chacune de ces plaques se trouve percée de deux trous, ce qui permet de les relier à l'aide de deux boulons *c*,*c'*, fixés au plateau en bronze. La plaque du bas est la plus longue, celles qui sont au-dessus ont une longueur graduellement moindre, elles ne sont en contact que par les faces de leur plus petit côté, c'est ce que montre d'ailleurs la figure 1080, qui représente l'assemblage de cinq de ces plaques : un espace égal à peu près au cinquième de leur épaisseur existe donc entre les faces des longs côtés de ces plaques.

1079.





1078.



1080.

Le vide existant au milieu de l'appareil reçoit le pain de gélatine *a*, qui a les mêmes dimensions; ce pain s'appuie contre une brosse *e*, qui occupe le plus petit des trois côtés de cette espèce de boîte. L'appareil étant disposé comme l'indiquent les figures, rien n'est plus facile que de couper en feuilles la gélatine qui se trouve au centre; pour cela on fait passer entre toutes les plaques (ce que permettent les vides qui s'y trouvent ménagés) un fil de laiton qu'on tient tendu et la division est opérée.

Comme toutes les plaques ont la même épaisseur (celle qu'on veut donner aux feuillets), on obtient une série de tranches gélatineuses égales.

La brosse *e*, est destinée à permettre au fil métallique de couper entièrement et d'une manière franche chaque feuille jusqu'au bout; une fois la feuille coupée le fil qui est pris dans les crins de la brosse est retiré et engagé entre les deux plaques suivantes.

Enfin, nous dirons un mot de l'appareil à diviser de M. Pélier, fabricant de colle à Paris; cet instrument est certainement celui qui opère le plus rapidement, car il suffit de couper une feuille pour les couper toutes à la fois.

M. Pélier met ses pains de colle dans un canal en

bois dont les faces sont à charnières et viennent, quand la division s'opère, serrer le pain qu'on découpe. Un cadre en fer portant 22 lames de couteau espacées d'une quantité égale à l'épaisseur à donner aux feuilles de gélatine, peut tourner autour d'un de ses côtés qui lui sert d'axe et vient s'abattre à volonté sur le pain de colle de telle manière que les lames se trouvent parallèles au canal renfermant ce pain qui se trouve ainsi divisé en 23 plaques d'un seul coup. Quand on relève les couteaux, les faces du canal qui comprimaient latéralement le prisme de colle tombent en tournant autour de leur arête inférieure, et les 23 feuilles de colle se trouvent libres.

Dans ce dernier appareil, le fond du canal où se mettent les pains est garni d'une brosse afin d'obtenir des coupures franches. Nous ne parlerons point ici de la dessiccation des feuilles de gélatine; cette dessiccation et les chances qu'elle court ont été indiquées ailleurs (voir l'article COLLE-FORTE), ainsi que les rendements en gélatine obtenus par ce procédé avec les différentes qualités des os employés.

Gélatine extraite des os par la vapeur. C'est en l'année 1681 que l'extraction de la matière animale des os fut opérée pour la première fois, et ce fut à l'aide de la vapeur à haute pression qu'on y parvint.

Papin, à qui l'on doit les premières notions précises sur la force motrice de la vapeur et sur l'emploi utile de cette force, eut l'idée de traiter les os à une haute température, en se servant pour cela de l'appareil qui porte encore son nom; mais l'emploi de la *marmite de Papin* présentait de graves inconvénients: le produit qu'il donnait ne se prenait pas en gelée, il était altéré le plus souvent et avait alors une saveur empyreumatique fort désagréable. Aujourd'hui même ce procédé défectueux est encore en usage dans le Midi, où l'extraction de la gélatine se fait sous une pression moyenne de 3 atmosphères.

En 1812, M. d'Arcet, reprenant les travaux de Papin, reconnut que les os exposés à l'action de l'eau à une température élevée, perdent une portion de leur matière animale qui est transformée en ammoniaque; cette transformation n'a plus lieu si on opère à 100° seulement.

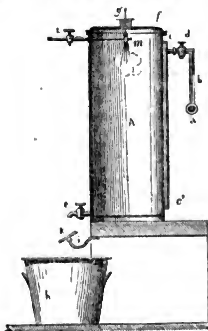
Le procédé que M. d'Arcet proposa à cette époque et qu'il a perfectionné depuis, consiste à rendre indépendant de l'appareil à extraire la gélatine celui qui doit fournir la vapeur, et à n'opérer la transformation du tissu cellulaire en gélatine qu'à une température maximum de 106°.

Ce qui a été dit de ce procédé, en parlant de la COLLE-FORTE (voy. ce mot) nous dispense d'entrer dans de plus grands détails. Nous nous contenterons de donner le dessin et la description de l'appareil imaginé par ce savant.

Cet appareil est représenté par les fig. 1080 et 1081. Fig. 1081, coupe verticale de l'appareil à extraire la gélatine: *A*, cylindre en fonte hermétiquement fermé dans lequel arrive de la vapeur; *a*, tuyau faiblement incliné, apportant la vapeur d'un générateur qui est le complément de l'appareil; *b*, tuyau vertical conduisant la vapeur dans le cylindre *A*; *c*, *c'*, tuyaux faisant suite au tuyau *b*, et conduisant la vapeur, l'un en haut et l'autre au bas de l'appareil; *d*, robinet placé sur le tuyau *b*, et servant à régler l'introduction de la vapeur dans le cylindre en fonte. (Les tuyaux et le cylindre doivent être enveloppés de matières conduisant mal la chaleur afin d'empêcher leur refroidissement); *e*, robinet placé à la partie inférieure du cylindre pour l'écoulement de la dissolution gélatineuse; *f*, couvercle du cylindre. Ce couvercle se fixe au cylindre de différentes manières, seulement on a soin de garnir le joint d'une rondelle de carton pour empêcher les fuites; *g*, tubulure fixée au couvercle, pour y placer à volonté un thermomètre ou un manomètre; *h*, vase destiné à recevoir la gélatine au fur et à mesure de sa production; *i*, gouttière destinée à conduire dans un autre vase la graisse qui coule d'abord quand l'appareil commence à marcher; *k*, gouttière mobile autour d'un axe placé à son centre, et qui reçoit directement le liquide qui s'écoule par le robinet *e*, pour le verser soit dans le vase *h*, soit dans la rigole *i*, suivant le côté où elle est inclinée; *l*, tuyau amenant de l'eau froide dans l'intérieur du cylindre; *m*, ajutage mobile qu'on fixe au tuyau *l*, quand le panier qui contient les os est dans le cylindre, ce petit tube verse l'eau froide goutte à goutte au milieu de l'appareil, ce qui empêche une élévation de température trop considérable en même temps que la dissolution est rendue plus claire.

1080.





1081.

Fig. 1080. Élévation du panier garni d'une toile métallique en fil de fer; c'est dans ce panier que se placent les os qui doivent être exposés à l'action de la vapeur dans le cylindre A; *n*, est l'anse par laquelle on enlève ce panier chargé d'os, au moyen d'une poulie supérieure, quand il s'agit de le placer dans le cylindre, ou de l'en retirer après l'épuisement des os.

Dans cet appareil, il est de la plus haute importance de ne pas trop prolonger l'action de la vapeur, si on ne veut pas s'exposer à transformer une partie des matières animales en produits ammoniacaux. Il faut en outre en tenir toutes les parties dans le plus grand état de propreté pour prévenir toute fermentation putride.

Quand le travail a été bien conduit, le résidu de l'opération contient:

Phosphate et carbonate de chaux. . . .	90
Matière animale non attaquable par la vapeur, savon de chaux et graisse libre. . . .	10
	100

Aussi ce mélange ajouté à des os neufs ou des débris animaux donne-t-il, par une calcination en vases clos, un excellent charbon animal

Ce résidu s'emploie également pour la préparation du phosphore, et, comme nous l'avons dit, en parlant des engrais, son emploi est très convenable pour fertiliser le sol, surtout dans la culture des céréales.

La dissolution gélatineuse fournie par ce procédé peut renfermer jusqu'à 40 grammes de gélatine par litre, on l'évapore rapidement dans des chaudières peu profondes en ayant soin de ne pas trop élever la température ; le degré de concentration une fois assez élevé, on laisse déposer et on met en moules, on divise et on sèche comme par l'autre procédé.

Quant à la graisse qui s'écoule des cylindres et qui vient se figer à la surface de la dissolution de gélatine, elle peut remplacer le beurre comme aliment et la moelle de bœuf dans la confection des pommades.

Il nous reste à parler encore de la préparation de la gélatine alimentaire.

Gélatine alimentaire. Ce fut immédiatement après la découverte de son nouveau procédé d'extraction, que M. d'Arcet appliqua à la nourriture de l'homme la gélatine extraite des os par le moyen de l'acide hydrochlorique; mais le prix élevé auquel se vendait alors cette matière empêcha son emploi pour cet usage. C'est ce qui conduisit ce chimiste distingué à reprendre les expériences de Papin, et ce qui l'amena à imaginer l'appareil dont on fait encore usage aujourd'hui.

L'expérience ayant appris qu'il fallait au moins quatre jours pour extraire, à l'aide de la vapeur à faible tension, la matière animale que renferment les os lorsqu'on tient à l'avoir de bonne qualité, M. d'Arcet composa son appareil de quatre vases d'égale capacité, en tout semblables à celui dont nous avons donné la description et le dessin précédemment.

Les os s'épuisant en quatre jours de travail continu, on conçoit qu'en chargeant d'os un cylindre chaque jour, et en recevant dans un même vase, à chaque tirage, les liqueurs qui s'écouleront en ouvrant à la fois les robinets de vidange des 4 cylindres, on arrivera à obtenir un ordre de travail régulier au bout du quatrième jour de marche et le service de l'appareil consistera simplement alors à remplir chaque jour un panier d'os concassés, à ouvrir le cylindre où les os sont restés quatre jours exposés à l'action de la vapeur, à en retirer le panier en toile métallique chargé d'os épuisés qu'on remplacera par des os neufs préparés d'avance, à remettre ensuite ce panier dans le cylindre en fonte dont on referme alors l'entrée après avoir toutefois remis le tuyau d'injection d'eau froide qui doit augmenter la condensation. Cela fait, on laisse de nouveau arriver la vapeur en même temps qu'on ouvre le robinet d'eau froide et celui de vidange. Pendant les deux premières heures, la graisse seule s'écoule; on la recueille à part.

Quant à la dissolution gélatineuse, qui sort après, on la porte immédiatement dans un endroit frais.

Dans la préparation de la gélatine alimentaire, les os de bœuf sont seuls employés, il faut qu'ils soient propres et frais. Les os de veau, de porc et de mouton, mêlés aux précédents, nuisent à l'aspect ou à l'odeur du bouillon.

On a soin d'enlever, avant de les concasser, tout ce qui adhère aux os, car les cartilages, la peau, etc., troubleraient la dissolution de gélatine.

On doit obtenir 900 litres de dissolution pour 60 kilogr. d'os traités pendant 24 heures dans un des cylindres. La préparation de ces 900 litres de bouillon exige 144 kilogr. de houille.

La dissolution gélatineuse obtenue pour la confection des bouillons doit contenir 10 à 12 grammes de gélatine par litre, elle doit en outre être sans saveur ni odeur quand les appareils sont propres et construits en métaux salubres. M. d'Arcet a conseillé pour la conserver de l'acidifier légèrement avec du vinaigre ou mieux de l'acide citrique ou tartrique, ce qui en même temps facilite sa prise en gelée quand on la concentre davantage.

La graisse recueillie au commencement d'une opération est fondue avec des oignons coupés en tranches minces et qu'on y fait frire; puis une fois toute l'eau partie, on ajoute une croûte de pain grillé qui enlève l'odeur : elle est alors de bonne qualité.

A Reims, pour préparer 400 litres de bouillon de viande au moyen de la dissolution de gélatine telle qu'on l'obtient au sortir de l'appareil de M. d'Arcet, on emploie :

Dissolution gélatineuse.	400 litres.
Viande avec ses os.	20 kilogr.
Carottes épluchées. . .	10
Porreaux épluchés	5
Navets.	2,5
Céleri.	0,5
Sel.	8,0
4 clous de girofle.	
Quelques carottes roussies.	

On met toutes ces matières dans une marmite d'une capacité de 450 litres et on les chauffe pendant 5 heures. On obtiendrait un excellent bouillon si, au lieu d'employer seulement 5 p. 100 de viande, on en employait 25 p. 100.

La préparation des légumes au gras se fait en cuisant pendant 2 heures, dans une marmite :

Pommes de terre.	100 kilogr.
Eau, sel, herbes.	42
Graisse d'os	6

Pour donner à ces légumes les qualités de ceux cuits au bouillon, on remplace l'eau par la dissolution gélatineuse : on emploie volumes égaux de dissolution et de légumes.

Le bouillon de gélatine obtenu, la soupe se prépare en prenant :

Bouillon.	0,566 kilogr.
Pain.	0.076
Pour une portion. . . .	0,642

A Reims, la ration revient à moins de 6 centimes, et si on retranche le prix de la viande, à 5 centimes seulement.

Quand on veut préparer de la gelée, on fait subir quelques changements à la marche de l'opération.

Le cylindre chargé d'os neufs est enveloppé d'une couverture de laine, l'injection d'eau froide est suspendue et le robinet de vidange n'est ouvert que d'heure en heure, sans lui permettre toutefois de laisser échapper de la vapeur.

On obtient, à l'aide de ces précautions une dissolution plus concentrée qui peut se prendre en gelée et qu'on clarifie avec des blancs d'œufs battus; on acidifie la solution, comme nous l'avons déjà dit, avec un peu d'acide citrique.

La moyenne de onze années de travail de l'appareil de l'hôpital Saint-Louis a donné les résultats suivants, pour le rendement de 100 kilogr. d'os secs.

Gélatine.	28,204
Graisse.	7,216
Résidu osseux pouvant servir à la fabrication du noir animal. . . .	64,580
	100,000

Les os employés renferment en moyenne 30 p. 100 de gélatine et 10 p. 100 de graisse; on voit combien à l'aide de cet appareil on est près d'arriver à la limite,

et comme son rendement est supérieur à celui obtenu par les fabricants de colle-forte qui, en employant le même procédé, ne retirent en gélatine que 10 à 15 p. 100 du poids des os qu'ils emploient. La pression à laquelle ils opèrent est la principale cause de la perte qu'ils font.

L'usage de la gélatine alimentaire s'est répandu peu à peu dans un grand nombre de villes de l'Europe, en Amérique même on monta quelques appareils pour l'alimentation des classes pauvres, ou des hôpitaux, et de nombreux rapports favorables au nouvel emploi de la gélatine furent publiés et dédommagèrent M. d'Arcet des peines qu'il eut à faire partager son idée favorite. Mais dans ces dernières années la gélatine alimentaire souleva une opposition des plus vives, on lui reprocha de transmettre au bouillon une saveur fade et quelquefois repoussante, bien différente de l'odeur aromatique et de l'action stimulante que le bon bouillon exerce sur l'estomac, et qu'il doit à l'osmazôme et à l'acide qu'il a puisés dans la viande. On a également reproché à la gélatine d'être indigeste et de s'altérer facilement; enfin on a fini par dire qu'elle n'était pas nutritive. De tous ces reproches celui-ci est certainement le plus grave, les autres pouvant être atténués en grande partie; aussi l'Académie des sciences nomma-t-elle une commission pour décider la question. Tout le monde connaît les résultats obtenus par ses commissaires; les expériences qu'ils ont faites tendent toutes à démontrer que le pouvoir nutritif de la gélatine est faible.

« On se ferait très probablement, dit M. Dumas, une idée juste de ses effets, en la considérant comme propre à fournir aux dépenses de la respiration, sans avoir la faculté de fonctionner comme un véritable aliment réparateur de nos tissus, dont elle se bornerait à prévenir la destruction, et à ce dernier point de vue la gélatine jouerait un rôle fort essentiel, toutes les fois qu'on la ferait intervenir dans une alimentation trop pauvre en matières azotées. »

Le faible pouvoir nutritif de la gélatine paraît venir de ce que, toutes les fois qu'on détruit l'organisation d'une matière gélatineuse, on diminue probablement en grande partie ses propriétés nutritives.

Quoi qu'il en soit des doutes qui restent encore à cet égard, en admettant que l'emploi de la gélatine alimentaire fût abandonné, que les appareils de M. d'Arcet cessassent de fonctionner partout où on les emploie pour sa préparation culinaire, on les utiliserait encore avec avantage pour fabriquer la colle-forte. On peut dire que si l'illustre savant, que les arts et les sciences ont trop tôt perdu, s'est trompé en poursuivant pendant plus de trente années la réalisation des vues élevées de Papin, Proust et d'Arcet père, pour approprier la gélatine des os à l'alimentation de l'homme, son erreur fut celle de tous les chimistes contemporains qui partagèrent son opinion sur l'utilité de cette matière pour animaliser convenablement la nourriture des indigents; erreur qui ne fut pas sans utilité, puisqu'elle l'amena à perfectionner considérablement les procédés de Papin et à doter l'industrie de l'art d'extraire la gélatine des os par le moyen des acides, ce qui porta en France les fabriques de colle-forte au plus haut point de perfection.

F. CH. KNAB.

GÉLIVITÉ DES PIERRES. Lorsqu'une pierre est pénétrée d'une plus ou moins grande quantité d'eau, un abaissement de température suffisant peut congeler cette eau jusque dans l'intérieur de la pierre, malgré le peu de conductibilité de celle-ci pour la chaleur; et, comme la glace offre un volume notablement plus considérable que l'eau dont elle provient, l'effet qu'elle produira dans l'intérieur des pores de la pierre pourra dépasser la ténacité de celle-ci et en déterminer la rupture, ou au moins y faire naître de nombreuses fissures : on dira alors que cette pierre est plus ou moins gélive. Il est facile de comprendre que les pierres offriront sous ce rapport de très grandes différences, et qu'il est de la plus haute importance de connaître l'altération qu'elles peuvent éprouver par les variations de température auxquelles elles se trouveront naturellement soumises dans l'atmosphère, avant de les employer dans les constructions.

On peut imiter l'effet que l'eau produit en se congelant dans les pores d'une pierre par l'action d'un sel qui augmente beaucoup de volume par l'action d'une cause facile à produire; on se sert ordinairement pour cela, d'un sel efflorescent, le SULFATE DE SOUDE, susceptible de perdre de l'eau, après s'être solidifié, en acquérant un volume plus considérable que celui qu'il présentait.

A cet effet, on fait tailler des échantillons des pierres à essayer, en cubes à vives-arêtes de mêmes dimensions, que l'on plonge pendant un temps déterminé, ordinairement une demi-heure, dans une dissolution bouillante saturée à froid de sulfate de soude.

On enlève les cubes de la liqueur, on les suspend au moyen de fils de manière à ce qu'ils soient complétement isolés, et on place au-dessous de chacun d'eux un vase renfermant une portion de dissolution bien tirée à clair; après 24 heures, si le temps n'est pas trop humide ou trop froid, il s'est formé à la surface des cubes des efflorescences blanches. On plonge alors chaque pierre dans le vase inférieur, pour faire disparaître les cristaux, et on recommence autant de fois qu'il s'en forme.

Cinq jours après le commencement de l'efflorescence, on arrête l'expérience; la quantité de fragments qui se sont détachés, leur poids pris à l'état sec comparativement à celui de la pierre également sèche, et l'altération de formes que le cube a éprouvée, indiquent le degré de gélivité de la pierre soumise à l'expérience, ou de plusieurs pierres que l'on voudrait préparer.

GÉNÉRATEUR DE VAPEUR. Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR.

GENIÈVRE (*angl.* gin, *all.* genever). Liqueur dont la plus estimée vient de Hollande, et qui se fabrique ainsi qu'il suit : On prépare, avec 2 parties en volume de seigle de Riga non germé, et 1 p. de malt d'orge ou *drèche*, un moût que l'on fait fermenter à la matière ordinaire, puis que l'on soumet à la distillation. On obtient ainsi une eau-de-vie de grain faible, que l'on soumet à une seconde distillation, en ajoutant dans l'alambic, 1k de baies de genièvre vieilles de quatre à cinq ans, et 1/8e de kilogr. environ de sel marin. La liqueur ainsi obtenue renferme environ 60 p. 100 d'alcool en volume, et possède l'odeur aromatique du genièvre. On obtient de 28 à 33 litres de genièvre par hectolitre de grain.

GÉOGNOSIE. Voyez GÉOLOGIE.

GÉOLOGIE. Lorsqu'on parcourt une certaine étendue de la surface du globe, en étudiant le sol, surtout dans les parties, telles que les escarpements, les tranchées et les excavations, où il se trouve à découvert, on ne tarde pas à reconnaître que la composition en est très variée. L'aspect des *roches* change, ainsi que la nature de leurs principes constituants, et par suite l'emploi auquel elles sont propres. Ainsi, les unes servent à la fabrication de la chaux, les autres à celle du plâtre; les unes sont assez dures pour rayer l'acier et d'autres se laissent tailler avec la plus grande facilité; il en est même qui forment avec l'eau une pâte plus ou moins liante susceptible d'être modelée à volonté.

L'étude des propriétés des substances minérales qui entrent dans la composition de la croûte terrestre, considérées en elles-mêmes, constitue la MINÉRALOGIE. La GÉOLOGIE, au contraire, considère les roches sous le rapport de leur gisement : elle comprend à la fois la description des masses minérales qui constituent toutes les parties connues de l'écorce du globe, et l'ordre de

superposition de ces masses. Elle recherche la manière d'être des minéraux utiles, afin de guider le mineur dans ses explorations et ses exploitations; enfin, elle étudie tous les phénomènes qui tiennent à la constitution du globe terrestre, pour déduire de cet examen l'histoire des révolutions dont il a été le théâtre.

Notions préliminaires de géographie physique. La terre présente la forme d'une sphère aplatie vers les pôles et renflée vers l'équateur : le rayon à l'équateur est de 6376 851 mètres, l'aplatissement est de 1/305 d'après les mesures géodésiques prises dans diverses parties du globe ; on arrive au même résultat, par des observations astronomiques, en prenant pour point de départ, les inégalités du mouvement de la lune, tant en longitude qu'en latitude, ainsi qu'en admettant que la terre ait été primitivement fluide et dans les mêmes conditions de mouvement.

L'observation et le calcul ont également démontré que la densité moyenne de la terre est environ cinq fois plus grande que celle de l'eau, c'est-à-dire près du double de la densité moyenne, de l'écorce minérale qui nous est connue. Ce fait vient encore à l'appui de l'hypothèse d'une fluidité primitive et probablement générale de toute la masse du globe; car, en vertu de la gravité, les matières auront dû se ranger, les plus denses au centre, et les plus légères à la surface. C'est ainsi que nous voyons à la surface que nous habitons, l'air, l'eau et l'écorce minérale disposés concentriquement et dans l'ordre de leur densité. Nous commencerons l'examen géologique du globe en jetant un coup d'œil rapide sur la forme et la composition de ces trois couches.

Atmosphère. L'atmosphère est la couche d'air qui environne la terre, et qui renferme en outre quelques millièmes d'acide carbonique et une quantité très variable de vapeur d'eau. Cette colonne d'air faisant équilibre, au niveau de la mer, à une colonne de mercure à 0° de 0m,76 de hauteur, la hauteur totale de l'atmosphère serait seulement de 7950m si sa densité était constante ; mais comme, par l'effet de la gravité, elle décroît à mesure que l'on s'élève suivant une certaine loi, cette hauteur est de 15 à 16 lieues : au-delà est le vide absolu ; il en résulte qu'on ne peut supposer aucune déperdition d'eau à la surface du globe par voie d'évaporation. Les différences de température auxquelles sont soumises les diverses parties du globe, jointes au mouvement même de rotation qu'il possède, déterminent à la surface des courants atmosphériques ou vents réguliers ou irréguliers. Un vent ordinaire parcourt 2 à 3m par seconde, un vent fort 5 à 6m, un vent violent 10m, et un ouragan jusqu'à 20, 30 et 40m.

Eaux. Les eaux couvrent près des trois quarts de la surface du globe, et leur évaporation spontanée produit des vapeurs qui se répandent dans l'atmosphère et dont la condensation ultérieure donne naissance aux nombreux cours d'eau qui sillonnent l'écorce terrestre.

Écorce minérale du globe. La surface du globe est accidentée d'une manière très diverse, et il est nécessaire de donner à ce sujet quelques définitions. On donne le nom générique de *montagnes* aux aspérités saillantes de l'écorce minérale du globe : tantôt ce sont des *dômes* arrondis, tantôt des *pics* aigus et isolés, ou des groupes dentelés sous forme d'*aiguilles* ; d'autre fois ce sont des crêtes ou sinuosités qui sillonnent la surface sous forme de rides, ou des *plateaux* bordés par des escarpements plus ou moins rapides. Quoique ces formes soient susceptibles de varier à l'infini, les masses montagneuses un peu étendues constituent des *groupes*, et le plus souvent des chaînes, dont la structure est assujettie à des lois de symétrie, dont l'étude est d'une grande importance.

Une chaîne de montagnes est une saillie qui suit une direction déterminée, et qui se décompose généralement en plusieurs chaînons parallèles dont la hauteur va sans cesse en diminuant, à mesure que l'on s'éloigne de l'arête centrale dite cime ou ligne de partage des eaux, jusqu'à ce qu'ils se confondent avec les plaines environnantes. La cime est tantôt en forme de crête, tantôt composée de plateaux allongés. Les dépressions parallèles à la direction d'une chaîne de montagnes, constituent les vallées longitudinales, qui sont coupées à angle droit par les vallées latérales, qui descendent de la ligne de faîte et séparent les divers massifs constituants ; les crêtes comprises entre ces vallées présentent elles-mêmes des dépressions moins apparentes ou gorges, qui prennent le nom de col sur la ligne de faîte de la chaîne et qui servent alors à passer d'un versant à l'autre. Il arrive quelquefois que deux ou plusieurs chaînes se coupent, ce qui rend beaucoup plus difficile l'observation des phénomènes qui se rapportent à chacune d'elles.

Les groupes de montagnes sont disposés avec plus ou moins de régularité, soit autour d'un point culminant, soit autour d'une dépression centrale, d'où divergent, en s'élargissant sans cesse, les vallées principales.

Les chaînes de montagnes forment, pour ainsi dire, le squelette des continents, et en constituent, par conséquent, le caractère le plus saillant. Quant aux pays de plaines, leurs formes sont moins nettement dessinées, et sans les variations de la végétation et du climat, il y aurait identité presque complète entre la plupart d'entre eux.

DES ROCHES. Les roches sont des minéraux simples ou des associations de minéraux qui se rencontrent en masses assez considérables dans la nature pour qu'on puisse les regarder comme des principes constituants de l'écorce du globe.

Les roches composées se distinguent des roches simples par une *structure d'agrégation*, qui indique la manière dont se groupent les minéraux qui les constituent. Cette structure est dite *granitoïde*, lorsque les roches sont formées de minéraux cristallisés, associés à peu près dans la même proportion ; *porphyroïdes* lorsqu'elles sont composées d'une pâte compacte dans laquelle sont disséminés des cristaux contemporains ; si, dans ces derniers cas, les cristaux isolés sont remplacés par des noyaux ou amandes de couleur différente de celle de la pâte, on dit que la roche à une structure *amygdaloïde*. Les roches composées de fragments ou de grains de roches plus anciennes, réunis par un ciment quelconque, portent le nom de roches *arénacées* ; si les fragments sont anguleux, la roche est une *brèche* ; lorsqu'ils sont arrondis et assez gros ils constituent par leur réunion un *poudingue* ou *conglomérat* ; enfin, si les fragments sont à la fois arrondis et très petits, ils forment les *grès*, qui passent par degrés insensibles aux argiles, dans lesquelles les fragments élémentaire sont réduits à une ténuité telle que la roche produite par leur réunion devient homogène.

Cela posé, passons rapidement en revue les roches principales qui composent l'écorce du globe.

Roches granitoïdes

La plus répandue de ces roches est le *granite*, qui est formé d'un mélange de quarz, de feldspath et de mica, à l'état cristallin. Le quarz est ordinairement en grains gris ou blancs : le mica, en lames noires, brunes, vertes ou argentines ; et le feldspath, blanc ou rose. Beaucoup de granites contiennent à la fois deux feldspaths de couleur différente. Lorsque l'un d'eux se présente sous la forme de grands cristaux implantés dans une pâte uniformément grenue, on dit que le granite est porphyroïde.

Le lames de mica sont quelquefois déposées parallèlement à une même direction, ce qui donne alors un

aspect rubanné à la roche, qui prend alors le nom de *granite rubanné* ou *gneiss*.

Le quarz, ordinairement en grains, se présente quelquefois en cristaux incomplets; souvent alors le mica manque complétement. Cette variété de granite porte le nom de *granite graphique* ou *pegmatite*.

L'*hyalomite* ou *greisen*, au contraire, est un granite qui ne contient presque point de feldspath.

Dans certains granites, le mica est remplacé par du talc, et porte alors le nom de *protogine;* il est quelquefois rubanné, et constitue alors du gneiss talqueux. On ne distingue guere ces roches des granits proprement dits, qu'en ce qu'elles renferment ordinairement à la fois deux feldspath, l'un blanc, et l'autre verdâtre.

Dans d'autres granites, au contraire, le mica est remplacé par de l'amphibole généralement d'un beau vert, et il y a souvent deux feldspaths blancs ou gris et rouge, ce qui donne une tres belle roche qu'on désigne sous le nom de *syénite :* celle-ci peut être schisteuse, comme les granites.

Roches porphyroïdes.

Ces roches sont composées d'une pâte feldspathique ordinairement rougeâtre et de cristaux de feldspath; il arrive souvent que la pâte contient un peu d'amphibole, ce qui la rend verdâtre.

Lorsque la pâte, outre les cristaux de feldspath, renferme des grains, et le plus souvent des cristaux bipyramidés de quarz, la roche prend le nom de *porphyre quarzifère*. La pâte devient quelquefois terreuse, et le porphyre prend alors le nom de *porphyre argileux*. Lorsque les porphyres ne contiennent pas de cristaux, ils passent au *feldspath compacte* ou *pétrosilex*. Quelquefois la pâte prend un éclat résineux, et constitue alors le *feldspath résinite* ou *pechstein*.

Roches trachytiques.

Ces roches sont composées de *feldspath vitreux* ou *ryakolite*, en petits cristaux, formant une pâte âpre au toucher et remplie de cellules tapissées de petits cristaux, et souvent associée à du *feldspath albite*.

La présence du quarz dans les trachytes donne des *porphyres trachytiques* analogues aux porphyres quarzifères.

La *dômite* est un trachyte à grains très fins, friable et très âpre au toucher, qui forme une partie des dômes de l'Auvergne.

Les terrains trachytiques sont associés, dans quelques localités, avec des roches vitreuses, grises ou verdâtres, et globuleuses, qui portent le nom de *perlites* ou *perlstein*, et à une roche vitreuse d'un vert-noirâtre très foncé dite *obsidienne;* la *pierre ponce* est de l'obsidienne devenue fibreuse par le passage d'une multitude de bulles qui l'ont traversée verticalement.

Enfin, on doit encore rapporter aux roches trachytiques le *phonolite*, roche à la fois tabulaire et schisteuse, à cassure esquilleuse, remarquable par sa grande sonorité sous le marteau.

Roches amphiboliques.

Diorite. Cette roche est composée d'amphibole vert ou noir, et d'albite lamelleuse fréquemment en cristaux maclés, qui présentent toujours alors un angle rentrant, que l'on aperçoit aisément en faisant miroiter un morceau de cette roche à la lumière, ce qui la fait aisément reconnaître. Quelquefois les cristaux d'amphibole et d'albite sont disséminés dans une pâte compacte, verdâtre, et constituent alors le *porphyre dioritique*. Les *ophites* appartiennent presque tous à cette dernière classe; il en est de même d'un grand nombre d'amygdaloïdes et de variolites, qui sont réellement des *diorites amygdaloïdes*.

Lorsque les cristaux d'albite disparaissent, les diorites passent aux *amphibolites*, qui sont le plus généralement schisteuses. Les amphibolites compactes prennent le nom de *cornéennes* ou d'*aphanites*.

Roches pyroxéniques.

Ces roches sont composées de pyroxène vert ou noir, et de feldspath chatoyant ou labrador; la *lherzolite* est seule formée exclusivement de pyroxène, d'un vert assez clair, à cassure esquilleuse.

La *dolérite* est un mélange de labrador et de pyroxène, offrant une structure granitoïde. Les dolérites porphyroïdes portent le nom de *mélaphyres*. Les *basaltes* diffèrent des mélaphyres, en ce que la pâte ne renferme pas de cristaux isolés de labrador, et sont ordinairement caractérisés par la présence de grains cristallins de *péridot* d'un jaune verdâtre.

Les *trapps* sont des roches compactes et noirâtres comme les basaltes, mais dont les éléments sont indiscernables.

Roches hypersthéniques, diallagiques, etc.

L'*hypérite* est une roche de labrador et d'hypersthène.

L'*euphotide* est une roche de diallage et de feldspath tenace ou jade.

La *serpentine* seule forme souvent des masses considérables dans le sein de la terre.

Roches micacées.

La principale est le *micaschiste*, roche schisteuse composée de mica et de quarz, qui passe par des transitions insensibles au gneiss.

Roches talqueuses.

La plus importante est le *schiste talqueux*, composé de quarz et de talc; elle est souvent associée à des roches verdâtres qui portent le nom de *chlorites*, *pierre ollaire*, etc.

Roches de quarz.

Le quarz compacte ou *quarzite* forme des couches puissantes dans certains terrains; lorsqu'il est noir, il constitue le *quarz lydien* ou *kieselschiefer*.

Le *quarz silex* se trouve surtout en rognons, disposés en forme de couches, dans les terrains de craie.

Roches calcaires.

Ces roches très répandues dans la nature constituent un grand nombre de variétés, et sont composées de chaux carbonatée pure ou mélangée de substances diverses; les principales sont les suivantes :

Calcaires saccharoïdes ou *marbres*. Ces calcaires, généralement blancs ou peu colorés, doivent leur état cristallin à un métamorphisme dû à l'action de roches ignées d'origine postérieure.

Calcaires compactes. Ces roches très abondantes, qui fournissent des marbres d'ornement, des pierres lithographiques, etc., ont tantôt une cassure esquilleuse et conchoïde, tantôt une cassure terreuse, et sont fréquemment colorés en jaune, en rouge, en gris ou en noir, par des oxydes de fer ou des matières bitumineuses.

Calcaires oolithiques. Ces calcaires, fort abondants dans certaines formations secondaires, doivent leur nom à leur structure, qui se compose de petits grains ronds soudés ensemble et fort analogues à des œufs de poisson.

Calcaires crayeux. Calcaires blancs terreux, qui se rencontrent en abondance dans la plus récente des formations secondaires.

Calcaires siliceux. Ces calcaires blancs, compactes,

à cassure conchoïde, sont abondants aux environs de Paris.

Calcaires bitumineux. Calcaires compactes, terreux, d'un brun plus ou moins foncé, exhalant une forte odeur de bitume.

Calcaires marneux. Calcaires mélangés d'argile, ayant l'aspect terreux, et se dilatant facilement; ils passent aux *marnes*, lorsqu'ils contiennent environ moitié de leur poids d'argile.

Toutes ces roches donnent à froid une vive effervescence avec les acides minéraux.

Dolomie. Carbonate double de chaux et de magnésie. (Voyez CARBONATE.)

Roches de chaux sulfatée.

La chaux sulfatée hydratée ou *gypse*, ainsi que la chaux sulfatée anhydre ou *anhydrite*, se rencontrent en masses considérables dans certains terrains.

Roches diverses.

Le *sel gemme*, les *minerais de fer* et les *combustibles minéraux*, se rencontrent, dans certains terrains et dans certaines localités, en couches puissantes, et constituent alors de véritables roches.

Laves.

La composition n'est pas la seule circonstance qui imprime aux masses minérales des caractères assez nets et assez constants pour mériter un nom particulier. Quelquefois certains modes de formation communiquent aux roches un caractère indélébile, quelle que soit, du reste, leur composition.

Les roches volcaniques et les roches arénacées sont dans ce cas.

Les laves, sorties du sein de la terre à l'état liquide, et qui se sont répandues sur les contreforts des volcans en nappes généralement assez minces, sont, par leur nature, bulleuses, scoriacées, étirées, quelquefois même tordues. Quand elles sont très bulleuses, on les appelle *scories;* on les désigne sous le nom de *lapilli*, lorsqu'elles sont en petits fragments, et sous celui de *cendres*, quand elles sont en poussière fine.

Roches arénacées.

On donne, comme nous l'avons dit, le nom de roches arénacées à celles formées par la réunion de fragments anguleux ou roulés, cimentés entre eux par une pâte, en général, d'une nature différente de celle des fragments et toujours postérieure. Ce sont des *brèches*, lorsque les fragments sont anguleux; des *poudingues*, lorsqu'ils sont arrondis et d'une certaine grosseur; des *grès*, lorsque les fragments sont à l'état de petits grains; et enfin, des *argiles*, lorsque les éléments en sont tellement ténus que la roche a une apparence homogène. Les grès micacés ont une texture schisteuse et portent le nom de *psammites.*

On donne le nom de *conglomérats* ou de *tufs* à des sortes de poudingues composés de galets de roches ignées empâtés, soit dans des débris plus ténus, soit même dans la masse ignée qui s'est refroidie.

Les principales roches arénacées sont les suivantes :

Grauwacke. Roche des terrains de transition formée par la réunion de fragments de roches anciennes, quarz, granite, porphyre, schistes argileux et micacé, etc., et d'un ciment ordinairement grisâtre composé tantôt de schiste argileux, tantôt d'argile; le plus ordinairement, elle est à grains fins. Quoique la grauwacke soit généralement grise, comme l'indique son nom, on en trouve aussi de rouge. Cette roche renferme souvent assez de mica pour devenir schisteuse.

Grès houiller. Le grès houiller est analogue à la grauwacke; il est seulement à grains plus grossiers, et son ciment est toujours terreux. Il passe par gradations insensibles à des argiles schisteuses et à des schistes bitumineux.

Grès rouge. Ce grès, très abondant dans la formation à laquelle il a donné son nom, se compose de galets de roches anciennes empâtées dans un ciment argileux et sablonneux, coloré par de l'oxyde rouge de fer; il est presque constamment associé à des porphyres rouges quarzifères.

Grès bigarré. Ce grès à grains fins, renfermant quelquefois des noyaux assez gros de quarz, est ordinairement bigarré de rouge et de gris-verdâtre; le ciment est sablonneux et ferrugineux.

Grès vert. Ce grès, composé de grains siliceux réunis par un ciment le plus souvent calcaire ou marneux, et placé à la partie inférieure des formations crétacées, est remarquable par la grande quantité de points verts qu'il renferme, ce qui lui avait fait donner autrefois, par erreur, le nom de craie chloritée.

Grès de Fontainebleau. Ce grès, placé à la séparation des terrains tertiaires inférieur et moyen, est composé de grains siliceux réunis par un ciment calcaire ou siliceux : dans ce dernier cas le grès est trop dur pour être aisément débité et par suite n'est pas employé au pavage.

Molasse. Roche des terrains tertiaires supérieurs, composée de galets de quarz, de paillettes de mica, de particules d'argile, et enfin, de débris et de moules de coquilles, agglomérés par un ciment calcaire. En Suisse, cette roche passe fréquemment à un poudingue dont les galets sont assez gros; la pâte de cette roche étant peu solide, elle se désagrège à la surface, et les galets présentent une série de proéminences saillantes, ce qui a fait donner au poudingue dont il s'agit le nom de *nagelflue*, par sa comparaison avec une muraille garnie de clous.

Arkose. On a donné ce nom à un grès composé d'éléments de feldspath et de quarz, intercalé, dans une position constante, à la séparation des terrains cristallins et des terrains sédimentaires.

Argiles et marnes.

Les argiles et marnes étant le produit de dépôts boueux, on conçoit que ces substances doivent exister dans presque tous les terrains; elles succèdent aux grès, dont elles sont toujours une conséquence. On distingue spécialement, parmi les marnes :

Les *marnes irisées*, qui se lient au grès bigarré, et sont, comme cette roche, caractérisées par une grande variété de couleurs.

Les *marnes du lias*, en général très bitumineuses, sont fortement colorées en noir.

Il en est souvent de même des marnes appelées, à tort, *argile d'Oxford* et *argile de Kimmeridge.*

Les *marnes d'eau douce*, abondantes dans les terrains tertiaires, alternent avec les calcaires d'eau douce.

Parmi les argiles, on doit indiquer l'argile plastique et l'argile wealdienne.

L'*argile plastique*, placée à la séparation des terrains crétacés et des terrains tertiaires, a été désignée sous ce nom parce qu'elle fournit généralement une bonne terre pour la poterie. Cette formation argileuse contient une grande quantité de lignites, souvent assez abondants pour être exploités.

L'*argile wealdienne*, placée à la base du terrain crétacé, est souvent d'excellente qualité pour la fabrication des poteries.

Pour les minéraux qui entrent dans la composition des roches, nous renverrons aux articles ARGILE, CALCAIRE, CARBONATES, COMBUSTIBLES, GANGUES, MINÉRALOGIE, SEL-GEMME, SILICATES, et au nom de chaque métal en particulier.

DIVISION DES TERRAINS EN TERRAINS SÉDIMENTAIRES ET EN TERRAINS IGNÉS. Un premier coup d'œil jeté sur la composition de l'écorce minérale du globe, permet de distinguer deux classes de roches, différentes à la fois par leur nature et par la forme des masses.

Les premières, d'une composition chimique généralement simple, telles que les calcaires, les grès, les argiles, se présentent en couches régulières, subdivisibles en assises plus ou moins épaisses. Leur nature et leur stratification dénotent évidemment l'action sédimentaire des eaux ; en effet, les unes composées de sables libres ou agglutinés, de fragments hétérogènes et roulés, retracent leur action mécanique ; les autres, tels que les calcaires, de même nature que les dépôts actuellement formés par les sources minérales, retracent leur action chimique, et durent nécessairement avoir été déposées au fond d'un liquide qui les tenait en dissolution. Cette première classe de roches a été désignée sous le nom de roches *sédimentaires* ou *stratifiées ;* on y trouve souvent des débris organiques, animaux ou végétaux, réduits à l'état fossile, c'est-à-dire dont la substance a été remplacée par des substances minérales.

La seconde classe comprend des roches analogues par leurs caractères minéralogiques et par la forme des masses qu'elles constituent, aux laves émises par les volcans. Ces roches sont cristallines, rarement stratifiées, et affectent des formes massives ; elles renferment des minéraux que l'on retrouve non seulement dans les produits volcaniques, mais encore dans les fourneaux de nos usines : quelquefois elles ont produit, à leur contact avec les roches qu'elles traversent, des altérations identiques à celles qui résultent d'une forte chaleur : en un mot, il existe entre les diverses roches de cette classe une série de passages minéralogiques, de relations de forme et de structure, qui ne permet pas de douter qu'elles ne résultent des phénomènes analogues. On les désigne sous les noms de roches *cristallines*, roches *non stratifiées*, roches *ignées* ou *d'épanchement*.

Les dépôts sédimentaires sont assez généralement horizontaux ; cependant on les voit en beaucoup de contrées disloqués et inclinés ; de plus, leur élévation dans beaucoup de chaînes de montagnes démontre qu'ils ont été nécessairement soulevés. Ces soulèvements de certaines parties du globe qui ne purent avoir lieu sans perturbations dans la distribution des eaux, se lient en outre à des éruptions ignées, de sorte qu'il y a en géologie trois séries de faits très distincts, qui ont marché de front pendant tous les âges géognostiques ; ce sont : 1° les dépôts par sédimentation ; 2° les émissions de roches ignées ; 3° les soulèvements ou oscillations de la croûte du globe.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES.

Le caractère spécial et distinctif des terrains de la série sédimentaire est la stratification, c'est-à-dire la configuration en couches, lesquelles sont ordinairement subdivisées en assises ou lits, distincts par des variations de couleur, de texture ou de composition, et dont les plans de séparation sont parallèles à ceux de la couche elle-même. Cette stratification est un fait inhérent à l'origine des terrains sédimentaires ; car un dépôt fait dans les eaux, soit par précipitation mécanique de matières tenues en suspension, soit par précipitation chimique, doit nécessairement avoir lieu par lits successifs et parallèles.

Une condition non moins essentielle des dépôts sédimentaires, quoiqu'elle semble moins évidente, est l'horizontalité des couches.

Donc, toutes les fois que la stratification d'un dépôt sédimentaire sera sensiblement inclinée, ce dépôt aura été dérangé de sa position première.

Le fait de ces dislocations résulte d'ailleurs des divergences qui se manifestent souvent dans la stratification des masses sédimentaires. Ainsi, lorsque les plans de séparation des diverses couches sont tous parallèles, la stratification est dite *concordante*, et l'on peut supposer l'ensemble déposé dans les mêmes mers ; mais lorsque l'on voit cet ensemble naturellement divisé en bandes distinctes par les directions différentes que suivent les plans des couches, inclinés tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, tantôt divisés et contournés, la stratification est dite *discordante*, et l'on doit nécessairement admettre que ces divers dépôts discordants ont été séparés les uns des autres par des mouvements de la croûte du globe, c'est-à-dire qu'ils appartiennent à des formations distinctes.

La silice, le calcaire et l'argile, tantôt purs, tantôt mélangés entre eux, constituent la presque totalité des dépôts sédimentaires ; ces couches alternent avec des roches de transport ou d'agrégation, et quelques autres substances beaucoup moins répandues, telles que le carbone, le gypse et certains minerais de fer.

Une composition aussi simple semble s'opposer à la distinction des divers terrains sous le rapport minéralogique. Il est cependant des caractères différents pour une même roche, dans ses diverses positions géognostiques ; caractères faciles à saisir, lorsqu'on considère l'ensemble d'un terrain, en faisant abstraction de toutes les exceptions de détail. Ainsi les calcaires inférieurs, compactes, esquilleux, saccharoïdes, souvent caractérisés par la présence du mica, du diallage, du carbone, etc., sont distincts des calcaires compactes, lithographiques, oolitiques, crayeux, des formations suivantes, qui eux-mêmes ne peuvent être confondus avec les calcaires grossiers, siliceux ou marneux des terrains de sédiment supérieurs. Les argiles indélayables, etc., les grauwackes des premiers dépôts sédimentaires, n'ont aucune analogie avec les argiles onctueuses et plastiques des dépôts récents.

La présence et l'abondance du carbone, du sel gemme, de la chaux sulfatée, etc., donnent souvent des indications très précises sur l'âge et la nature du terrain qui les renferme. Enfin, la puissance même d'une formation et ses subdivisions naturelles peuvent conduire au même résultat. En un mot, il faut rarement se fier aux caractères minéralogiques considérés isolément ; mais l'ensemble de ces caractères suffit quelquefois pour faire reconnaître un terrain.

Les débris organiques que renferment si souvent les dépôts sédimentaires sont d'un secours puissant dans les explorations géologiques. Le nombre des fossiles que l'on peut désigner sous le nom de caractéristiques, c'est-à-dire qui appartiennent exclusivement à une formation, est, il est vrai, très restreint. Mais il en est des fossiles comme des caractères minéralogiques, et c'est plutôt en considérant leur ensemble qu'on peut arriver à de justes appréciations. Ainsi, en comparant les listes de fossiles trouvées dans un terrain dont la position géognostique est incertaine, avec celles qui ont été faites pour des terrains bien déterminés, il est rare qu'on ne puisse reconnaître son rang dans la classification. Cette méthode ne pourrait guère être employée sur place par un observateur ; mais il trouve quelquefois son équivalent dans certains fossiles, dont l'abondance est caractéristique, bien qu'ils ne le soient pas eux-mêmes.

Du reste, la superposition et la continuité des couches sont les seules règles de détermination que l'on puisse regarder comme infaillibles pour les formations sédimentaires. Les caractères minéralogiques et zoologiques ne viennent qu'après ; mais s'ils sont nettement tranchés et d'un accord constant dans leurs indications, il en résulte des données que l'on peut également considérer comme certaines.

Une *formation sédimentaire*, d'après ce qui a été dit précédemment, est l'ensemble des couches déposées dans l'intervalle de deux révolutions.

Les caractères distinctifs d'une formation indépendante sont :

1° Les caractères de gisement et de stratification; une formation indépendante pouvant reposer presque indifféremment sur toutes celles qui l'ont précédée, et présentant avec elles, ainsi qu'avec celles qui l'ont suivie, des discordances de stratification plus ou moins fréquentes.

2° Les caractères de composition; car, malgré les nombreuses anomalies qui peuvent exister, une formation a presque toujours des caractères de composition qui lui sont propres, soit qu'ils résultent de la nature même des roches constituantes ou de substances accidentelles, surtout si on la considère dans des contrées assez rapprochées.

3° Les caractères organiques, soit qu'ils résultent de la présence de certains fossiles qui seront tout à fait propres à cette formation, ou qui s'y trouveront avec une profusion remarquable, soit de l'absence totale de ceux qui caractérisent les formations voisines.

Généralement, deux formations superposées seront distinctement séparées, même lorsque leur stratification sera concordante, si elles ne se suivent pas immédiatement dans l'échelle géognostique, de telle sorte qu'il y ait entre elles une lacune. On voit, dans ce cas, les caractères précités se modifier, à partir d'une ligne nettement déterminée; mais il n'en est pas ordinairement ainsi pour deux formations qui se suivent immédiatement. On voit alors les couches supérieures de l'une alterner avec les couches inférieures de l'autre, les caractères minéralogiques et zoologiques se fondre et se modifier graduellement, de telle sorte qu'il n'y a changement complet qu'en faisant abstraction d'un ensemble de couches plus ou moins puissant. En un mot, lorsque deux formations consécutives se sont superposées sans qu'il y ait discordance dans leur stratification, il y aura très souvent passage de l'une à l'autre.

Les formations se subdivisent en étages, qui peuvent différer entre eux par une composition tout à fait distincte, ou seulement par le développement plus ou moins grand de certaines roches. Ces étages peuvent se diviser eux-mêmes en assises et les assises en couches.

La dénomination de *terrain* a une acception plus étendue que celle de formation. Un terrain peut en comprendre plusieurs qui seront réunies entre elles par des analogies plus ou moins prononcées, de telle sorte que les terrains représenteront les grandes unités, c'est-à-dire les intervalles écoulés entre les grandes révolutions du globe; tandis que les formations qui subdivisent ces intervalles seront isolées entre elles par des révolutions qui, sans modifier aussi complétement la configuration des mers et des masses continentales, auront cependant amené des discordances de stratification, la génération de roches différemment caractérisées, et des changements notables dans la série organique.

L'observateur qui parcourt une contrée où la série des terrains sédimentaires est très développée, doit d'abord bien reconnaître les caractères et les limites des formations les mieux caractérisées, afin de pouvoir ensuite déterminer de proche en proche les formations qui se trouvent au-dessus et au-dessous de ces horizons géognostiques.

En considérant toute la série sédimentaire pour y établir les plus larges subdivisions, deux terrains paraissent plus propres que tous les autres pour remplir ce rôle d'horizons géognostiques. D'abord, le terrain houiller, caractérisé par une très grande abondance de carbone, par un grand développement de roches arénacées et par des débris organiques, surtout des végétaux, très nombreux et très distincts. Ce terrain, étant généralement exploité, est d'ailleurs mieux connu qu'aucun autre, et les discordances de stratification qui l'isolent presque constamment des terrains inférieurs et supérieurs, le désignent en outre comme placé entre deux des principales révolutions du globe. Vient, en second lieu, le terrain crétacé, terrain à la fois très développé et très bien caractérisé sous le rapport minéralogique et zoologique. Les caractères tranchés de ces deux terrains ont déterminé, dès la naissance de la géognosie, la subdivision des terrains sédimentaires en terrains de *transition*, terrains *secondaires* et terrains *tertiaires*.

La série des *terrains de transition*, qui comprend tous les terrains inférieurs au terrain houiller, est principalement composée de schistes, de roches d'agrégation et de calcaires cristallins, qui prennent souvent les couleurs sombres et la structure schisteuse qui semblent caractériser la majorité de ces dépôts. Les êtres organiques commencent à se développer dans cette période, et l'on y voit, outre de nombreux végétaux, des animaux placés tout à fait au bas de l'échelle organique; tels sont les encrines, les productus, les trilobites, les nautiles, les orthocères, etc.... Les dépôts sont en outre remarquables par les dislocations et les contournements qu'ils ont éprouvés; caractère, d'ailleurs, bien naturel, puisque étant les plus anciens, ils durent nécessairement être affectés par toutes les oscillations qui ont eu lieu pendant les périodes suivantes.

La série des *terrains secondaires* embrasse tous les dépôts compris entre la limite inférieure du terrain houiller et la limite supérieure du terrain crétacé : c'est la série la plus puissante et la plus variée. Les grès, les calcaires, les argiles, en forment presque toute la masse, et les minerais de fer, le gypse, le sel, y constituent des couches et des amas dont l'abondance est souvent caractéristique. Beaucoup de fossiles, tels que les ammonites, les bélemnites, les gryphées, etc., naissent et finissent avec cette période, pendant laquelle on voit se développer les animaux vertébrés.

La série des *terrains tertiaires*, qui comprend tous les dépôts supérieurs au terrain crétacé, se compose aussi principalement de calcaire, de grès et d'argile, mais on y remarque la diminution graduelle de l'influence des agents chimiques. Les roches sont moins compactes; les couches ont plus souvent conservé leur horizontalité; enfin, les débris organiques y sont encore plus nombreux et plus variés que dans la série précédente. On y voit paraître les mammifères représentés, tantôt par des animaux qui n'existent plus, tels que les anoplotherium, les palæotherium, les mastodontes, etc.; tantôt par des analogues aux espèces actuelles, tels que les éléphants, les rhinocéros, les hyènes, les ours, etc.: le nombre des coquilles marines et fluviatiles y est prodigieux, et elles ne présentent que peu d'analogie avec les coquilles secondaires. Les cérites, les turritelles, les cythérées, les planorbes, les lymnées, etc., sont les plus caractéristiques.

Les dimensions de cet ouvrage ne nous permettent pas d'entrer dans les détails de description de chacun de ces terrains en particulier, pour lesquels nous renvoyons aux ouvrages spéciaux, et nous nous contenterons d'en présenter un résumé dans le tableau suivant, dans lequel nous intercalerons, entre chaque formation, les soulèvements qui ont marqué la limite de chacune d'elles. Ce tableau indiquera alors, à la fois, la position relative des terrains, l'époque de l'arrivée au jour des différents systèmes de montagnes, et la direction des couches de sédiment qui ont été relevées.

TABLEAU GÉNÉRAL DES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES.

ORDRE.	Sous-groupe de Formations.	FIGURES 1082 A 1088.	NOMS DES FORMATIONS.
ALLUVIONS.	L'homme existe sur la surface du globe.		*Terrains d'alluvion*, volcans modernes éteints et brûlants : les grands volcans des Andes ont été soulevés pendant cette période. Les alluvions sont généralement des sables et des cailloux roulés, en couches irrégulièrement stratifiées et meubles.
			XII. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DE LA CHAINE PRINCIPALE DES ALPES. DIRECTION E. 16°. N.
TERRAINS TERTIAIRES.	Les mammifères commencent à paraitre à la partie inférieure de ce groupe et deviennent très abondants vers son milieu.		*Terrain tertiaire supérieur*, terrains subapennins, molasse, nagelflue, sables des landes, alluvions anciennes de la Bresse, tuf à ossements de l'Auvergne. Les éruptions de trachytes et de basaltes correspondent, en grande partie, à cette époque.
			XI. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES ALPES OCCIDENTALES — DIRECTION N. 26°. E.
			Terrains tertiaires moyens. — Faluns, dépôts arénacés marins, tantôt sableux et renfermant une multitude de coquilles en partie brisées, tantôt réunies par un ciment calcaire, et qui couvrent une partie de la Touraine et de la Loire-Inférieure. Calcaire d'eau douce avec meulières : contient beaucoup de lignites dans le midi de la France et en Allemagne. Grès de Fontainebleau.
			X. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES ILES DE CORSE ET DE SARDAIGNE. DIRECTION N.-S.
			Terrains tertiaires inférieurs. — Marnes avec gypse, ossements de mammifères. Calcaire grossier, pierre de taille de Paris. Argile plastique, lignites du Soissonnais.
			IX. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DE LA CHAINE DES PYRÉNÉES ET DE CELLE DES APENNINS — DIRECTION E. 18°. S.
	Terrains ou formations crétacées.		*Craie supérieure.* — Couches avec silex. Couches sans silex.
			VIII. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU MONT VISO — DIRECTION N.-N.-O. à S.-S.-E.
			Craie inférieure. — Craie-tuffeau. Grès vert. Gres et sables ferrugineux, terrain néocomien, formation wealdienne.
			VII. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU MONT PILAS, DE LA CÔTE D'OR, DES CÉVENNES ET DE L'ERZGEBIRGE — DIRECTION E. 40°. N.
TERRAINS TERTIAIRES.	Terrains de calcaire du Jura. Abondance considérable de Sauriens. Calcaire oolithique.		*Étage supérieur.* — Calcaire de Portland. Argile de Kimmeridge, argile de Honfleur.
			Étage moyen. — Oolithe d'Oxford, calcaire de Lisieux, coral-rag. Argile d'Oxford, argile de Dives.
			Étage inférieur. — Corn-brash et forest-marble (calcaire à polypiers), grand oolithe (calcaire de Caen), fuller's-earth (banc bleu de Caen), oolithe inférieur. Marnes et calcaires à bélemnites, marnes supérieures du lias, lignites dans les départements du Tarn et de la Lozère.
			Lias ou calcaire à gryphites. — Calcaire à gryphées arquées. Grès du lias, ou infraliasique, dolomies

Suite du Tableau général des formations sédimentaires.

ORDRE.	Sous groupe de Formations.	FIGURES 1089 A 1093.	NOMS DES FORMATIONS.
			VI. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU THURINGERWALD, DU BŒHMERWALD-GEBIRGE ET DU MORVAN — DIRECTION O. 40°. N.
TERRAINS SECONDAIRES.	Trias ou Keuper.		*Marnes irisées* avec un amas de gypse et de sel. Exploitation des lignites en Alsace, en Lorraine et dans la Haute-Saône. *Muschelkalk*, calcaire compacte, grisâtre, souvent fétide, magnésien et très coquillié. *Grès bigarré.*
			V. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES BORDS DU RHIN — DIRECTION N. 21°. E.
	Terrain pénéen. Le zechstein et le grès des Vosges n'existent jamais ensemble.		*Grès des Vosges*, ne renfermant pas de débris organiques.
			IV. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES PAYS-BAS ET DU PAYS DE GALLES DIRECTION E. 5°. S.
			Zechstein (calcaire magnésien des Anglais), schistes marne-bitumineux, à poissons du Mansfeld, riches en cuivre. *Grès rouge*, contient des masses de porphyre et des rognons d'agate.
			III. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU NORD DE L'ANGLETERRE — DIRECTION S. 5°. E.
			Terrain houiller. Grès, schistes, avec couches de houille et fer carbonaté. Calcaire carbonifère, ou calcaire bleu, avec couches de houille.
			II. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES BALLONS (VOSGES) ET DES COLLINES DU BOCAGE (CALVADOS) — DIRECTION E. 15°. S.
TERRAINS DE TRANSITION.	Ce groupe est caractérisé par la grande abondance de cryptogames vasculaires et par l'absence presque complète des plantes dicotylédones; les animaux vertébrés n'y sont représentés que par quelques empreintes de poissons.		*Terrain de transition supérieur.* Vieux grès rouge des Anglais. (Système Devonien.) Anthracites de la Sarthe et des environs d'Angers.
			Terrain de transition moyen. Calcaire des environs de Brest, calcaire de Dudley. Schistes (ardoises d'Angers). Grès quarzite, caradoc sandstone des Anglais. (Système Silurien.)
			I. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU WESTMORELAND ET DU HUNDSRÜCK DIRECTION E. 25°. S.
			Terrain de transition inférieur. Calcaire compacte esquilleux. Schiste argileux. (Système Cambrien.)
TERRAINS GRANITIQUES.			Granite formant la base principale de la croûte du globe.

GÉOLOGIE.

TERRAINS IGNÉS.

Les roches ignées, quelle que soit leur homogénéité apparente, sont généralement cristallines et composées de divers minéraux soumis à certaines lois d'association. Ces minéraux sont le feldspath, le pyroxène, l'amphibole, le quarz, le mica, l'amphigène, la serpentine, le péridot et le fer oxydé souvent titanifère.

Ces divers minéraux sont soumis, dans leurs associations, à des affinités et à des antipathies qui paraissent tantôt inhérentes à leur nature, et qui, d'autres fois, semblent résulter de l'état particulier du globe à certaines époques. Ainsi, par exemple, le quarz, si abondant dans les granites, l'est beaucoup moins dans les porphyres; il est très rare dans les trachytes et nul dans les laves modernes. Or, si l'on observe que cette diminution graduelle du quarz dans les roches ignées feldspathiques, coïncide précisément avec leur ordre géognostique, on sera directement conduit à conclure que l'état géogénique du globe fut tel, relativement aux roches ignées, qu'il tendait à l'élimination du quarz : la répulsion constante qui existe entre l'amphibole et le pyroxène, paraît aussi dériver de causes analogues.

Quant aux affinités et aux antipathies purement minéralogiques, on peut citer l'association si fréquente du fer oxydulé et des roches serpentineuses, celle qui existe entre le péridot et les pyroxènes de la formation basaltique, tandis que ce péridot est constamment éliminé par la présence du feldspath. L'exclusion du feldspath par l'amphigène dans une partie des laves modernes, l'abondance du mica dans les granites, tandis que les syénites en contiennent beaucoup moins, les pétrosilex et les trachytes si peu, sont de nouveaux exemples, que l'on pourrait augmenter encore. On s'explique, d'après ces lois d'association, comment il se fait que le nombre des roches soit si peu considérable, relativement à celles dont on pourrait supposer l'existence.

Les formes qu'affectent les roches ignées sont généralement massives; elles présentent peu de lignes de stratification. Souvent elles constituent seules les agglomérations montagneuses, en forme de groupes ou de chaînes, mais plus souvent encore elles ne constituent qu'une partie de ces contrées, soit qu'elles en couronnent les crêtes, soit qu'elles apparaissent au pied des montagnes, comme sur leur fracture d'élévation.

Leurs masses, tantôt agglomérées, tantôt entassées, se lient presque toujours, par leur distribution, aux grands accidents du sol. Quant aux détails de leurs formes, ils dépendent en grande partie de leur position. Les masses isolément superposées à la surface du sol, affectent tantôt celle de dômes arrondis, tantôt celle de murailles crénelées et dentelées, suivant la nature de la roche. Les formes plates et affaissées, celles de coulées plus ou moins morcelées, couronnant des sommités d'une autre composition, sont également très fréquentes. Lorsque les masses ignées sont engagées dans les terrains préexistants, elles se présentent ordinairement sous forme de filons ou masses qui coupent la stratification, dont la puissance peut varier depuis quelques décimètres jusqu'à des centaines de mètres; leurs affleurements, tantôt difficiles à suivre, se prolongent quelquefois, sous forme de hautes murailles, sur plusieurs lieues de longueur. On les voit encore en masses intercalées dans le sens de la stratification, tantôt si régulièrement qu'on les prendrait pour une couche sédimentaire, tantôt avec des renflements, des étranglements et des ramifications qui annoncent leur intercalation postérieure.

Quelle que soit du reste la position de ces masses ignées, les détails de leur forme fournissent généralement des données sur leur mode d'émission et sur leur fluidité primitive. Ces appréciations hypothétiques jettent un intérêt tout particulier sur cette classe de terrains; elles conduisent à la connaissance de leurs phénomènes géognostiques. Quant à leur classification géognostique, elle ne peut guère s'obtenir que par l'étude des rapports qu'ils présentent avec la série des terrains sédimentaires.

En effet, les terrains ignés sont beaucoup plus remarquables par la forme et la hauteur de leurs masses que par leur étendue superficielle. Il en résulte que l'on a rarement des exemples de superposition entre eux, pour constater leur âge relatif; et comme d'ailleurs les diverses parties d'un même terrain ne sont pas contemporaines, leur âge absolu ne peut être déterminé que comparativement aux dépôts sédimentaires.

Les roches des deux séries se trouvent souvent en contact, et cependant l'on pourra, dans beaucoup de cas, parcourir des contrées très étendues, sans que les dépôts sédimentaires présentent d'interruptions. Ces contrées sont celles dont les surfaces planes sont formées de dépôts assez récents, et qui n'ont subi que des dérangements peu considérables. Mais lorsque les dépôts sédimentaires auront été fortement accidentés, de manière à donner naissance à des chaînes ou des groupes de montagnes, il y aura presque toujours certitude de roches ignées.

La présence des roches ignées est donc intimement liée aux bouleversements qu'a subis le sol. Dans le cas de soulèvement d'une chaîne de montagnes à travers une série plus ou moins compliquée de dépôts, elles constitueront souvent l'axe central, qui se trouvera ainsi l'axe minéralogique de la chaîne, les terrains se montrant dans le même ordre sur chaque versant. D'autres fois, les masses ignées se présenteront alignées au pied de la chaîne; mais dans ce cas il y aura grande probabilité que leur sortie ne sera pas contemporaine du soulèvement, et qu'elle n'aura eu lieu qu'à la faveur de mouvements postérieurs. Dans l'un et l'autre cas, la direction de ces masses sera parallèle à la direction de la chaîne, c'est-à-dire à la direction des couches sédimentaires.

Si le soulèvement, au lieu d'avoir eu lieu suivant une ligne droite, n'a affecté qu'un seul point de l'écorce minérale du globe, les dépôts sédimentaires superposés auront été soulevés vers ce point central, vers lequel elles convergeront. Mais n'ayant point assez d'élasticité pour se prêter à la dilatation qu'exige un tel bombement du sol, les couches se sont généralement rompues, laissant dans ce centre une cavité circulaire, que l'on est convenu d'appeler *cratère de soulèvement*. C'est dans le centre de ce cratère que se trouveront généralement les roches ignées contemporaines du soulèvement.

Sous le rapport minéralogique, il semble que des produits d'origines aussi différentes que les roches ignées et sédimentaires, doivent toujours être très distincts. Cette distinction sera en effet très facile toutes les fois que ces dernières seront restées telles que les a faites la sédimentation; mais lorsqu'elles ont été en contact avec les roches ignées, les circonstances énergiques de température et de pression, auxquelles elles ont été soumises, ont plus ou moins altéré leur nature première, de telle sorte qu'un centre de perturbation et d'émission des roches ignées est presque toujours, pour les dépôts sédimentaires, un centre d'altérations, qui iront toujours en diminuant, à mesure qu'on s'éloignera de ce point, mais qui se propageront d'autant plus loin que l'action aura été plus vive et la roche plus impressionnable.

Ces altérations sont faciles à expliquer, lorsque les principes constituants sont restés les mêmes. Ainsi des grès ont souvent été changés, par le contact des roches ignées, en quarz compacte, des calcaires en marbres, des grauwackes en gneiss; mais il n'en est plus de même lorsque de nouveaux principes ont été introduits.

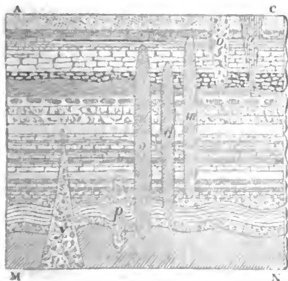
Ainsi les calcaires ont été souvent transformés en dolomie. Telles roches de composition très simple se sont pénétrées d'amphibole, de pyroxène, de grenats, de spinelles et autres minéraux de nature ignée. Ces réactions ne se bornèrent pas d'ailleurs à des modifications de roches : les gisements métallifères, les matières qui remplissent un grand nombre de filons, de cavités, paraissent en grande partie liés à cet ensemble d'émanations de l'intérieur et de l'extérieur.

Ces altérations des roches ont souvent eu lieu sur une échelle immense; des contrées étendues, telles que la région des Alpes, ont pris un *facies* minéralogique évidemment tout différent de celui qu'elles avaient d'abord. Les chances d'altération ayant été d'autant plus grandes que les dépôts étaient plus anciens, il ne faut pas s'étonner de la liaison presque intime qui existe entre les premiers dépôts sédimentaires et les roches ignées anciennes; cette liaison étant d'ailleurs considérablement augmentée par une grande analogie dans les roches, puisque les eaux n'avaient pas encore eu le temps de modifier complétement l'écorce ignée à peine refroidie, sur laquelle elles avaient été précipitées.

Les rapports géognostiques seront d'une étude bien simple, entre les dépôts sédimentaires, dont l'isochronisme général est très probable, et les masses ignées qui les auront traversées à des époques intermittentes.

Si l'on considère une masse ignée saillante à la surface du sol, elle sera nécessairement postérieure aux roches sur lesquelles elle repose, à moins que la contrée n'ait été tellement bouleversée, que l'on soit en droit de supposer un renversement complet de tout le système qui aurait interverti l'ordre de superposition. Mais de ce que l'on trouvera une roche superposée à certaines couches, il ne s'ensuivra pas qu'elle ne puisse être regardée comme de beaucoup postérieure. Si la masse est intercalée, elle sera postérieure aux roches qu'elle traversera; mais de ce qu'un filon, traversant un système de couches, s'arrêtera au milieu, on ne pourra pas conclure qu'il est antérieur à toutes celles qu'il ne traverse pas. De même, toutes les roches ignées, intercalées dans un terrain, sont certainement postérieures à celles sur lesquelles elles reposent, mais elles peuvent l'être aussi à celles qui les recouvrent.

Le tableau suivant (fig 1096), dressé par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, donnera une idée de l'ancienneté des roches d'origine ignée et de la durée de leur émission.



1096.

Soit AC, une ligne correspondante à l'époque actuelle; MN, une autre ligne indiquant l'époque la plus ancienne à laquelle les roches sédimentaires se sont produites; on voit que :

Le *basalte* O'', a commencé à paraître vers le dernier quart des terrains de sédiment, c'est-à-dire à la hauteur de la partie supérieure de la craie; il est fort rare à cette époque, et n'a commencé à se produire avec abondance que vers la fin des terrains tertiaires, comme l'indique la figure : il paraît même qu'il s'en forme encore.

Le *trachyte* O', a commencé à peu près à la même époque que le basalte; il a été surtout abondant aux dernières périodes de la formation du globe, et il s'en produit encore.

Les *mélaphyres m*, ont commencé plutôt que le trachyte, et ont fini un peu avant l'époque actuelle.

Les *trapps d*, ont paru, pour la première fois, environ vers le premier quart des dépôts de sédiment. Les terrains houillers sont traversés par ces roches qui ont été très abondantes vers l'époque du grès rouge et avant le dépôt du calcaire magnésien (muschelkalk).

Les *serpentines* et les *euphotides* O, parcourent une partie plus étendue encore de l'échelle chronologique; elles paraissent s'être produites dès les terrains de transition, et leur épanchement s'est continué jusqu'aux terrains tertiaires supérieurs.

Les *porphyres quarzifères p*, ont commencé à paraître lors des dépôts des terrains de transition, principalement du terrain silurien; et ils se sont prolongés à peu près jusqu'aux premières époques des éruptions des mélaphyres.

Les *granites γ*, très abondants aux premières époques de la formation du globe, se sont prolongés assez avant dans le dépôt des terrains de sédiment; toutefois, leur émission, considérable dans les premières périodes géologiques, a diminué très rapidement, comme l'indique la figure, à mesure que les terrains de sédiment ont acquis de l'épaisseur.

Les porphyres et les granites, arrivés au jour à l'état pâteux, n'ont point coulé et ne sont point accompagnés de scories; les filons qu'ils constituent n'ont, en général, qu'une faible étendue, et sont ordinairement terminés en pointe. Les porphyres quarzifères forment cependant quelques filons assez étendus, quoique très minces, et par conséquent ont été plus fluides que les granites. Les porphyres constituent généralement des montagnes en dômes; les granites affectent aussi quelquefois cette disposition; mais, le plus ordinairement, ils se présentent sous la forme de chaînes longues et étendues, comme les Alpes et les Pyrénées : le phénomène qui les a produits est donc plus général, et s'est fait sentir sur des espaces plus considérables; enfin, une grande différence entre le mode d'émission des porphyres et des granites, c'est que ces dernières roches ne sont pas accompagnées de conglomérats.

Les trapps et les basaltes sont ordinairement arrivés au jour par de simples fentes, et se sont étendus en nappes minces sur la surface du sol. Souvent aussi les basaltes se sont soulevés à l'état pâteux pour former des dômes. Ces roches sont accompagnées d'une quantité variable de scories.

Les trachytes présentent quelquefois des couches longues et étendues, qui forment de grandes assises presque horizontales : les monts Dores, et surtout le Cantal, en offrent des exemples re-

marquables. Dans ce cas, cette roche est évidemment arrivée fluide à la surface du sol; dans d'autres circonstances, elle s'est soulevée à l'état de masse pâteuse, et a formé des montagnes arrondies, comme le Puy-de-Dôme; elle est toujours accompagnée d'une masse considérable de conglomérats et de scories presque toujours ponceuses.

DISPOSITION GÉNÉRALE DES MASSES QUI FORMENT LE SOL DE LA FRANCE.

Nous terminerons cet article en empruntant au savant travail (*Carte géologique de la France*, ouvrage actuellement en grande partie publié), exécuté de 1825 à 1835 par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, sous la direction de M. Brochant de Villiers, et sous les auspices de l'administration des travaux publics, quelques détails sur l'ensemble de la constitution géologique de notre pays.

« Si l'on examine la carte géologique de la France, on remarque que les diverses formations du terrain jurassique y forment comme une large écharpe qui traverse obliquement la partie centrale de la carte, des environs de Poitiers à ceux de Metz et de Longwy.

« Cette écharpe se recourbe d'une part, vers le haut, du côté de Mézières et de Hirson, et, de l'autre, vers le bas, du côté de Cahors et de Milhau; mais en même temps il s'en détache deux branches, dont l'une, se repliant au nord-ouest, se dirige sur Alençon et Caen, tandis que l'autre, descendant au midi, suit d'abord la Saône et ensuite le Rhône depuis Lyon jusqu'au-delà de Privas, et tourne autour des Cévennes jusqu'au-delà de Montpellier, pour aller rejoindre la première branche dans le département de l'Aveyron.

« Ces bandes, recourbées, projettent en outre, dans différentes directions, des appendices irréguliers; mais ce qu'elles présentent de plus remarquable, c'est qu'en faisant abstraction de ces irrégularités et en les réduisant par la pensée à leur plus simple expression, on voit ces bandes former deux espèces de boucles, qui dessinent sur la surface de la France une figure dont la forme générale est celle d'un 8 ouvert par le haut.

« Ces assises du calcaire jurassique, qui nous présentent l'immense avantage de pouvoir être poursuivies à découvert, d'une manière sensiblement continue, d'un bout de la France à l'autre, suivant des contours variés qui en touchent presque toutes les parties, se prolongent souterrainement dans des espaces beaucoup plus étendus que ceux où elles forment la surface; mais la manière dont elles s'enfoncent ainsi pour s'étendre par-dessous terre n'est pas la même dans toutes les parties de leur contour apparent.

« Si les deux boucles supérieure et inférieure que présente la figure analogue à celle d'un 8, qu'elles dessinent sur la surface, ont entre elles une sorte de correspondance, elles présentent en même temps une opposition complète dans la manière dont les couches jurassiques y sont disposées relativement aux masses qui occupent les deux espaces qu'elles entourent vers le nord et vers le sud : en effet, la boucle inférieure ou méridionale circonscrit un massif proéminent, formé principalement de terrain granitique. C'est le massif montagneux de la France centrale, couronné par les roches volcaniques du Cantal, du Mont-Dore et du Mezene. Cette boucle méridionale est ainsi moins élevée que l'espace qu'elle entoure, tandis que la boucle supérieure ou septentrionale, qui forme le contour d'un bassin dont Paris occupe le centre, est, en grande partie, plus élevée que le remplissage central de ce bassin. L'intérieur de ce bassin est occupé par une succession d'assises à peu près concentriques, comparables à une série de vases semblables entre eux, qu'on fait entrer l'un dans l'autre pour occuper moins d'espace.

« La différence la plus essentielle des deux boucles opposées de notre 8 est que l'une recouvre, et que l'autre supporte les masses minérales qui occupent l'espace qu'elle entoure. La boucle inférieure et méridionale est formée par des couches qui s'appuient sur le bord du massif granitique qui leur sert de centre, et, en quelque sorte, de noyau; la boucle supérieure et la plus septentrionale est formée, au contraire, par des couches qui s'enfoncent de toutes parts sous un remplissage central auquel elles servent de support, de bassin, de récipient, et dont elles excèdent généralement la hauteur.

« La disposition des couches jurassiques, dont nous venons de donner l'indication, est liée de la manière la plus intime à la structure, tant intérieure qu'extérieure, de la plus grande partie du territoire français. Nous pouvons le faire aisément comprendre, en esquissant rapidement les traits extérieurs par lesquels sa structure extérieure se décèle.

« Les deux parties principales du sol de la France, le dôme de l'Auvergne et le bassin de Paris, quoique circulaires l'une et l'autre, présentent, comme on vient de le voir, des structures diamétralement contraires. Dans chacune d'elles, les parties sont coordonnées autour d'un centre; mais ce centre joue, dans l'une et dans l'autre, un rôle complétement différent.

« Ces deux pôles de notre sol, s'ils ne sont pas situés aux deux extrémités d'un même diamètre, exercent en revanche, autour d'eux, des influences exactement contraires : l'un est en creux et attractif; l'autre, en relief, est répulsif.

« Le pôle en creux vers lequel tout converge, c'est Paris, centre de population et de civilisation. Le Cantal, placé vers le centre de la partie méridionale, représente assez bien le pôle saillant et répulsif. Tout semble fuir en divergeant de ce centre élevé, qui ne reçoit du ciel qui le surmonte que la neige qui le couvre pendant plusieurs mois de l'année. Il domine tout ce qui l'entoure, et les vallées divergentes versent leurs eaux dans toutes les directions. Les routes s'en échappent en divergeant comme les rivières qui y prennent leurs sources. Il repousse jusqu'à ses habitants, qui, pendant une partie de l'année, émigrent vers des climats moins sévères.

« L'un de nos deux pôles est devenu la capitale de la France et du monde civilisé, l'autre est resté un pays pauvre et presque désert.

« La structure de la plus méridionale des deux parties de territoire que nous venons d'opposer l'une à l'autre se dessine par des traits qui doivent frapper bien plus, au premier abord, que ceux de la partie septentrionale, puisque ces traits sont les montagnes les plus élevées de l'intérieur de la France. Cependant, lorsqu'on y regarde de plus près, la structure en forme de bassin de la partie septentrionale se dessine, de son côté, avec une netteté toute particulière, au moins dans sa partie orientale.

« La partie orientale est, en effet, celle dans laquelle le contour jurassique du bassin s'élève à la plus grande hauteur. Les différentes assises dont il se compose ont été usées inégalement par les révolutions du globe, et, suivant leurs divers degrés de dureté, elles forment comme une série de moulures concentriques les unes aux autres. Il est arrivé la même chose aux assises, de solidité diverses, qui se trouvent appliquées successivement l'une sur l'autre dans l'intérieur du bassin. De là une série de crêtes saillantes formées par les extrémités des couches les plus solides. Ces crêtes tournent parallèlement les unes aux autres autour de Paris, qui est leur centre commun. Les rivières qui, comme l'Yonne, la Seine, la Marne, l'Aisne, l'Oise, convergent vers le centre du bassin parisien, traversent les crêtes successives dans des défilés que les révolutions du globe ont

ouverts pour elles. Ces mêmes crêtes forment les lignes naturelles de défense de notre territoire, et les opérations stratégiques de toutes les armées qui l'ont attaqué ou défendu s'y sont toujours coordonnées par la force même des choses.

« Jamais cette vérité n'a été mise plus vivement en lumière que dans la mémorable campagne de 1814. Sur la crête la plus intérieure formée par le terrain tertiaire, ou tout près d'elle, se trouvent les champs de bataille de Montereau, de Nogent, de Sésanne, de Vauchamps, de Montmirail, de Champaubert, d'Épernay, de Craone, de Laon.

« Sur la deuxième, formée par la craie, se trouvent Troyes, Brienne, Vitry-le-Français, Sainte-Ménehould. Là aussi se trouve Valmy!

« La troisième crête, beaucoup moins prononcée et plus inégale, présente cependant les défilés de l'Argonne.

« Près de la quatrième ligne saillante, qui déjà appartient au terrain jurassique, se trouvent Bar-sur-Seine, Bar-sur-Aube, Bar-le-Duc, Ligny.

« Près de la cinquième, qui est également jurassique, sont Châtillon-sur-Seine, Chaumont, Toul, Verdun.

« La sixième, déjà un peu excentrique, est formée par les coteaux élevés qui dominent Nancy et Metz, et qui s'étendent sans interruption, depuis Langres jusqu'à Longwy, Montmédy, et jusqu'aux environs de Mézières.

« Paris est placé au milieu de cette sextuple circonvallation opposée aux incursions de l'Europe, et traversée par les vallées convergentes des rivières principales.

« Vers le nord-est, la branche orientale du grand 8 jurassique ne se recourbe que souterrainement et cesse de saillir à la surface. Aussi a-t-on depuis longtemps senti la nécessité de suppléer à l'absence de lignes naturelles de défense, en renforçant, cette partie faible de nos frontières, par une triple rangée de places fortes.

« Du côté du nord-ouest, la ceinture jurassique s'interrompt ; elle est coupée par les rivages de la Manche, qui empiètent sur le bassin septentrional.

« A l'ouest et au midi de Paris, les traits principaux de sa forme reparaissent, quoique moins prononcés que vers l'est. On les retrouve, en grande partie, dans la structure intérieure du sol ; mais ils n'ont pas été mis aussi complétement à découvert par les phénomènes géologiques qui ont façonné la surface. Leur influence est, d'ailleurs, contre-balancée par certaines dispositions excentriques. Le calcaire grossier des environs de Paris reparaît près de Rennes, de Machecoul et de Bordeaux, ce qui semble faire du bassin de la Gironde un appendice naturel de celui de la Seine. De plus, le grand plateau du terrain tertiaire moyen qui s'étend de la Beauce à la Bretagne et à la Gascogne semble être une plate-forme naturelle jetée sur tous les accidents intérieurs du sol pour rendre plus faciles les communications du centre parisien avec l'est et le sud ouest.

« On voit donc que l'emplacement de Paris avait été préparé par la nature, et que son rôle politique n'est, pour ainsi dire, qu'une conséquence de sa position. Les principaux cours d'eau de la partie septentrionale de la France convergent vers la contrée qu'il occupe, d'une manière qui nous paraîtrait bizarre si elle nous était moins utile et si nous y étions moins habitués. Enfin la nature, prodigue pour cette même partie de la France, l'a dotée d'un sol fertile et d'excellents matériaux de construction. Environnée de contrées beaucoup moins favorisées, telles que la Champagne, la Sologne, le Perche, elle forme au milieu d'elles comme une oasis. L'instinct qui a dicté à nos ancêtres le nom d'*Ile-de-France*, pour la province dont Paris était la capitale, résume d'une manière assez heureuse les circonstances géologiques de sa position.

« Ce n'est donc ni au hasard ni à un caprice de la fortune que Paris doit sa splendeur, et ceux qui se sont étonnés de ne pas trouver la capitale de la France à Bourges, ont montré qu'ils n'avaient étudié que d'une manière superficielle la structure de leur pays. Cette capitale n'a pris naissance et surtout n'a grandi, là où elle se trouve, que par l'effet de circonstances naturelles résultant, en principe, de la structure intérieure de notre sol. »

En terminant, nous ferons remarquer que l'élévation du centre de la France au-dessus du bassin septentrional est cause que notre pays présente, jusqu'à un certain point, dans tous les départements, la même température moyenne, égalité d'où résulte en grande partie l'homogénéité et l'unité remarquables que présente une réunion d'hommes aussi considérable que la nation française. La Gascogne et le littoral de la Méditerranée sont les deux exceptions les plus notables aux observations de position qui viennent d'être indiquées ; aussi remarque-t-on que les noms de *Gascons* et de *méridionaux* sont les distinctions les plus tranchées qu'on puisse signaler parmi les Français. P. DEBETTE.

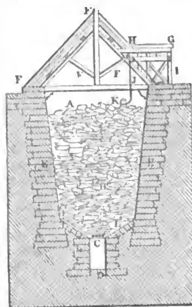
GIROFLE (*angl.* clove, *all.* gewürznægelein). Fleur du *caryophillus aromaticus* de Linnée, petit arbre de la famille des myrthes, recueillie avant son épanouissement. Cet arbre est originaire des Moluques, et fut introduit en 1770, par Poivre, dans nos colonies orientales.

Les clous de girofle ont une odeur analogue à celle de l'œillet, mais beaucoup plus forte ; ils ont de 10 à 15 millimètres de longueur, et sont formés d'un calice prismatique, tétragone, légèrement aplati, rugueux, d'une couleur brune, étalé et divisé en quatre vers la partie supérieure. Là se trouvent les pétales encore réunis, formant une masse sphéroïdale tétragone, plus pâle que le calice et alternant avec ses divisions.

Dans le commerce on distingue trois sortes de girofle, qui sont, dans l'ordre de leur qualité : celui des Moluques, celui de Cayenne et celui de l'île Bourbon.

GLACE. Voyez VERRE.

GLACIÈRE (*angl.* ice house, *all.* eiskeller). Il est très important pour les besoins des sciences, de la médecine et de l'hygiène publique, de pouvoir se procurer de la glace en tout temps et à bas prix. Le procédé le plus économique et le plus usité consiste dans l'emploi de *glacières*, sortes de caves le plus ordinairement de grande dimension, où l'on entasse de la glace pendant l'hiver, en quantité suffisante pour la consommation de l'année.



1097.

La fig. 1097 représente, en coupe, une glacière construite d'après les règles les plus ordinaires, et dont les dimensions varient avec la quantité de glace à conserver : AB amas de glace bien tassée, reposant sur une grille C, qui laisse passer l'eau, qui s'est formée par la fusion de la glace, dans le puisard D, d'où on la retire de temps à autre. E, E, parois en maçonnerie de la glacière supportant la charpente FF, qui est recouverte d'une couver-

ture en chaume très épaisse ; I, une des portes d'entrée située dans le corridor HG. On retire la glace à l'aide d'un tonneau K suspendu à une corde J, qui passe sur la poulie du palan M.

On remplit la glacière pendant les jours les plus froids de l'hiver, soit avec de la glace, soit à son défaut avec de la neige bien tassée, et l'on arrose aussitôt après avec un peu d'eau glacée qui se congèle, et qui en réunissant toute la glace en une seule masse empêche l'air de circuler aussi aisément dans son intérieur et retarde ainsi sa fusion. On recouvre la glace de paille, par dessus laquelle on met des planches que l'on charge de pierres.

Aux États-Unis, pays où la glace forme un article de consommation très important, on élève quelquefois les glacières au-dessus du sol, en plein air, en les composant de bâtiments en madriers à claire-voie, recouverts de tous côtés de plusieurs couches de paille.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale a souvent proposé et maintient encore des prix pour la construction d'un appareil simple et peu coûteux qui puisse permettre à chaque ménage de s'approvisionner de glace pour l'été. C'est sûrement une bonne idée que celle de chercher à obtenir des appareils économiques, pouvant entrer dans l'économie des ménages et permettant de répandre l'usage de la glace, indispensable pour la médecine et l'économie domestique ; c'est ce besoin qui a fait le succès des appareils propres à obtenir de la glace par procédé chimique, que nous avons décrit à l'article CONGÉLATION. Mais par ces procédés la glace revient à un prix élevé et ne saurait entrer dans la consommation de toutes les classes. Cependant, dans les pays chauds notamment, une glacière pour la conservation des substances alimentaires, pour en éviter la corruption, est d'absolue nécessité.

La solution de ce problème, que nous désirons vivement voir résoudre, l'établissement de petites glacières, nous paraît seulement exister dans l'emploi d'un vase servant de glacière, et entouré de plusieurs enveloppes concentriques d'air stagnant disposées d'une manière convenable et comprises entre des parois imperméables, métalliques ou non. On pourrait placer l'appareil de manière à pouvoir découvrir son abri le soir pendant l'été, afin de profiter du refroidissement par rayonnement qui produit le phénomène de la rosée. Nous serions heureux, si cette idée pouvait amener quelqu'un de nos lecteurs à la solution cherchée. On emploie déjà, dans quelques circonstances, avec beaucoup de succès, les enveloppes d'air stagnant pour éviter les pertes de chaleur ; rien n'empêche qu'on ne les fasse servir à prévenir la propagation de celle-ci en sens contraire.

P. D.

GLU (*angl.* bird lime, *all.* vogelleim). La glu est une substance particulière, molle, d'un blanc verdâtre ou jaunâtre, fusible, combustible, qui s'attache fortement aux corps qu'elle touche. Elle est insoluble dans l'eau et les alcalis ; l'alcool bouillant, les acides froids, et surtout l'éther, peuvent la dissoudre. On l'emploie pour enduire les *gluaux* qui servent à prendre les oiseaux à la *pipée*.

La glu se prépare avec l'écorce moyenne du houx (*ilex aquifolium*, Lin.). Pour cela, on la fait bouillir dans l'eau et on la bat dans un mortier jusqu'à ce qu'elle soit réduite en pulpe. On la porte alors dans une cuve ou dans tout autre endroit humide, où elle subit une espèce de putréfaction qui la transforme en une substance jouissant des propriétés qui ont été indiquées ci-dessus. Pour la purifier, il suffit de se mouiller les mains pour qu'elle ne s'y attache pas, et de la laver à grande eau en la malaxant. On la conserve dans l'eau ou du parchemin enduit d'huile.

GLU-MARINE. Dans ces dernières années on a trop vanté pour abandonner ensuite trop complétement peut-être une colle qui peut rendre des services importants dans les constructions navales ; nous voulons parler de la glu-marine, inventée par M. Jeffery de Londres. On a pu voir à l'Exposition de 1844 l'exemple de plusieurs applications dans lesquelles son emploi est avantageux.

Cette colle consiste dans une dissolution de caoutchouc dans l'huile essentielle de goudron, à laquelle on ajoute de la gomme laque. Les proportions employées sont de 450 grammes environ de caoutchouc pour 18 litres d'huile essentielle de goudron. Quand le caoutchouc est entièrement dissous, et que le mélange a acquis la consistance d'une crème épaisse, ce qui a lieu après dix jours, on y ajoute deux ou trois parties en poids de laque, pour une partie de dissolution. La matière est ensuite chauffée et coulée en plaques. Elle s'emploie à une température assez élevée, à 120° centigrades environ.

La force d'adhésion de cette glu-marine est très grande, il est seulement à regretter que le prix des matières qui la composent soit un peu élevé. Cette colle, complétement insoluble dans l'eau, convient surtout pour les constructions navales, notamment pour les accidents qui arrivent en mer ; étant employée à une assez haute température, elle ne coule pas par l'effet de la chaleur produite par l'action du soleil. Elle présente ce résultat bien remarquable de résister à une traction de 20 à 25 kilogr. par centimètre carré, tandis que la résistance pratique du sapin, en travers des fibres, ne dépasse pas 12 ou 15 kilogr., d'où il suit qu'avec la glu-marine les chances sont moindres de voir rompre une pièce de bois par le joint collé qu'à travers le bois lui-même ; tout au moins les chances de rupture sont à peu près égales, en supposant quelque exagération dans les chiffres ci-dessus.

Disons enfin que la glu-marine ne peut s'appliquer que sur des bois préalablement séchés assez complétement, comme il est facile de le prévoir, puisqu'elle n'est bien liquide qu'à une température déjà assez élevée, capable par suite de faire dégager de nombreuses vapeurs au contact de bois humide.

GLUCINE (*angl.* glucina, *all.* beryllerde). Oxyde du métal terreux le *glucinium* ; la glucine a été découverte par Vauquelin dans l'émeraude. C'est un corps blanc, analogue a l'alumine, et qui ne s'en distingue guère qu'en ce qu'elle est soluble dans le carbonate d'ammoniaque.

GLUCOSE. M. Dumas a désigné sous le nom de *glucose* les divers produits sucrés qui présentent une cristallisation confuse ou mamelonnée. Les sucres de raisin, de fruit, d'amidon, de diabetes, etc., auraient donc la même composition aux yeux de ce chimiste célèbre ; et si les expériences de MM. Bouchardat et Biot tendent à prouver que l'espèce *glucose* comprend plusieurs variétés, il n'en est pas moins convaincu qu'on finira par trouver la glucose identique, quelle que soit son origine, quand on aura soumis toutes les variétés de sucre dont nous avons parlé à des expériences comparatives et multipliées.

La glucose desséchée à 100° paraît formée de :

Carbone.	36,8
Hydrogène.	7,0
Oxygène.	56,2
	100,0



Composition qui peut se représenter par la formule suivante :

$$C^{12} H^{28} O^{14}.$$

Soumise dans le vide à une température de 130°, ce corps perd deux atomes d'eau.

La plupart des fruits, le miel, l'urine des diabétiques, le suc des fleurs doivent à la glucose leur saveur sucrée. L'amidon, la cellulose, le sucre de canne, la gomme,

le sucre de lait, etc., sous l'influence des acides étendus, donnent naissance à ce produit, et tout semble prouver que le sucre de raisin a une composition identique à la sienne.

La glucose se distingue du sucre de canne non seulement par sa cristallisation, mais encore par l'action des alcalis qui la brunissent, tandis qu'ils n'agissent pas sur le sucre de canne; elle a, en outre, une grande tendance à s'emparer de l'oxygène, ce que ne fait pas le dernier. De là un procédé pour reconnaître si du sucre de canne renferme de la glucose. Si on dissout, par exemple, du tartrate de deutoxyde de cuivre dans une solution de potasse chauffée à 100°, le sucre de canne qu'on y projette ne donne lieu à aucun phénomène particulier, tandis que la présence de la glucose dans ce sucre, produit immédiatement un précipité d'hydrate de protoxyde de cuivre jaune, qui perd bientôt son eau pour produire du protoxyde de cuivre rouge et pulvérulent.

M. Barreswil, se fondant sur cette réaction, a imaginé un procédé pratique pour faire l'essai des sucres au moyen de liqueurs titrées.

La glucose entre en fusion à une température peu élevée; à 140°, elle se convertit en caramel; et, si on chauffe davantage, elle donne naissance aux mêmes produits que ceux qu'on obtient par la décomposition du sucre de canne dans les mêmes circonstances.

La glucose est moins soluble dans l'alcool que le sucre de canne; les acides concentrés la détruisent, et la transforment en acide saccharique et en acide oxalique. Dissoute dans l'eau, la glucose, en présence d'un ferment, éprouve immédiatement la fermentation alcoolique; on sait que tous les sucres ne se transforment en alcool qu'après s'être préalablement transformés en glucose.

Cette matière sucrée peut, comme le sucre de canne, donner naissance à des sels à bases de baryte, de chaux et de plomb; on a même découvert un glucosate de sel marin.

Nous avons dit qu'on pouvait obtenir la glucose de différentes manières; mais en grand, c'est de la fécule qu'on extrait cette matière.

La diastase et l'acide sulfurique peuvent également s'employer pour cette préparation; mais si le premier de ces deux agents donne des produits plus purs et plus agréables au goût, le second agit plus rapidement sur la fécule, et a, en outre, l'avantage de se trouver partout; aussi est-il le seul qui s'emploie industriellement.

En France, la fabrication de la glucose a fait de rapides progrès; dernièrement aussi, on préparait ce produit dans onze fabriques, qui en livraient au commerce 6,000,000 de kilogrammes.

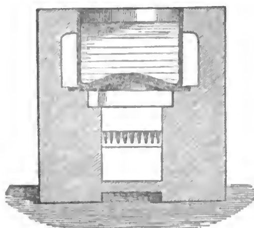
Les opérations qui ont lieu dans la fabrication du sucre de fécule sont au nombre de dix :

1° Saccharification;
2° Saturation;
3° Dépôt et soutirage au clair;
4° Première filtration sur du noir animal;
5° Première évaporation;
6° Seconde filtration;
7° Cuite du sirop;
8° Repos et refroidissement;
9° Cristallisation et clairçage;
10° Egouttage et séchage.

Le but de la *saccharification* est de désagréger rapidement la fécule, de la convertir en dextrine, puis en sucre, à l'aide de l'acide sulfurique étendu, chauffé à 100°, température qui doit rester la même pendant toute la réaction.

Sous l'influence de l'eau chaude, chaque grain de fécule se gonfle, se distend, et, en présence de l'acide, se transforme en dextrine et devient soluble; à son tour, la dextrine est transformée en glucose. On peut opérer à feu nu ou à la vapeur; le second mode de chauffage est généralement employé; le premier est défectueux, car, quand on l'emploie, il est bien difficile de rester dans les limites de la température voulue; et si on chauffe trop, il y a coloration du produit. Cependant, comme il est des circonstances où le chauffage à feu nu doit être employé, nous allons donner la description de l'appareil le plus généralement adopté dans ce cas.

Au-dessus d'un foyer ordinaire (fig. 1098), ou dis-



1098.

pose un disque de fonte bombé, sur lequel repose une chaudière en plomb, dont le fond a la même forme que le disque destiné à la protéger d'un coup de feu trop violent. Dans cette chaudière, on met un poids d'eau quatre fois plus considérable que celui de la fécule qu'on veut saccharifier; on ajoute peu à peu à cette eau une quantité d'acide sulfurique égale à la cinquantième partie du poids de cette fécule, et on chauffe le mélange jusqu'à l'ébullition On met alors la fécule pulvérulente et sèche dans le liquide bouillant, portions par portions, sans cesser le feu, et en agitant continuellement pour empêcher le mélange de s'épaissir, car une formation d'empois s'opposerait aux réactions et à la transmission facile de la chaleur.

La saccharification terminée, ce que l'on reconnaît à l'action de l'iode sur la dissolution, on arrête le feu et l'on sature l'acide sulfurique, dont l'action prolongée brunirait le liquide. Pour saturer cet acide, qui se trouve à l'état libre dans la dissolution, on emploie la craie de préférence à la chaux, car elle coûte moins cher que cette dernière. Les débris de pains de blanc de Meudon réduits en poudre sont excellents pour cet usage.

On ne doit ajouter que peu de carbonate de chaux à la fois, car si le dégagement de l'acide carbonique qui est mis en liberté était trop violent, comme le liquide est visqueux, tout déborderait et la chaudière serait vidée.

On doit aussi, pendant la saturation, agiter le mélange avec un râble, pour établir le contact, afin qu'il ne reste pas de craie non attaquée.

Quand l'effervescence cesse, on s'assure, à l'aide d'un papier de tournesol bleu, que tout l'acide sulfurique est saturé, et s'il ne l'était pas on ajouterait encore de la craie jusqu'à ce que le papier bleu cessât d'être rougi.

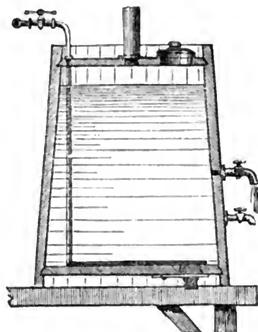
Quant au chauffage à la vapeur, son emploi nécessite des appareils différents. On fait usage alors d'une grande et forte cuve couverte, chauffée à l'aide d'un tuyau en cuivre ou en plomb qui décrit un cercle au fond de cette cuve.

La vapeur est introduite dans l'appareil par des traits de scie disposés sur le côté du tuyau, car si elle arrivait

à plein jet dans le liquide, surtout au commencement d'une opération, sa condensation serait si rapide, qu'il y aurait absorption, et une partie du sirop pourrait remonter dans le tuyau de vapeur et se rendre dans le générateur; outre la perte de matière sucrée qui en résulterait, il se produirait des chocs nuisibles à la solidité de l'appareil.

A l'aide de la disposition employée, on évite ces deux inconvénients, car alors le liquide de la cuve ne peut remplir complétement le tuyau d'arrivée de vapeur.

Nous donnons ci-dessous le dessin d'une cuve à saccharification (fig. 1099).



1099.

Si l'on veut traiter à la fois 500 kilogr. de fécule l'appareil doit contenir 25 hectolitres : on commence par y verser 10 hectol. d'eau, puis 10 kilogr. d'acide sulfurique, en ayant soin d'agiter le mélange ; on laisse alors arriver la vapeur. Dès que la température est à 100° on ajoute la fécule délayée dans son poids d'eau tiède, par portions de 50 kilogr. à la fois, on a soin d'agiter pour empêcher l'épaississement du mélange. Dans quelques fabriques on emploie des agitateurs mécaniques, mais le plus souvent l'agitation se fait à la main, au moyen d'un râble qu'on introduit dans la cuve, par un trou d'homme, à fermeture hydraulique percé dans le couvercle. On reste deux heures à introduire les 500 kilogr. de fécule dans l'eau acidulée ; vingt minutes après la saccharification est complète.

On s'assure que toute la substance amylacée a disparu en puisant dans une soucoupe un peu de liquide, qu'on laisse refroidir; ce liquide doit être transparent, et. traité par une dissolution d'iode, il ne doit point se colorer.

On arrête alors l'introduction de la vapeur et on commence la saturation à l'aide de craie pesée d'avance, et délayée dans de l'eau, qu'on introduit lentement par le trou d'homme dont nous avons parlé. Pour saturer les 10 kilogr. d'acide employé, le calcul indique qu'il faut employer à peu près une égale quantité de craie; on en emploie 11 à 12 kilogrammes.

On doit néanmoins s'assurer, comme nous l'avons déjà indiqué, que l'acide sulfurique est complétement neutralisé.

On laisse déposer le sulfate de chaux qui s'est formé, pendant deux ou trois heures. au bout de ce temps on décante le liquide qui surnage à l'aide de deux robinets, en commençant à ouvrir le premier qui est à 1 mètre du fond ; puis, quand le niveau supérieur du liquide sucré est arrivé à ce robinet, on ouvre le second, qui est 0m,50 à 0m,60 plus bas.

Le liquide décanté est conduit dans un réservoir doublé en plomb ou en zinc ; quant au dépôt il est retiré de la cuve à l'aide d'une ouverture percée dans le fond, ouverture qui est fermée par une soupape pendant les opérations précédentes ; ce dépôt est conduit sur une toile où il s'égoutte, on l'épure ensuite par un lavage à l'eau et on le presse afin d'en séparer tout le liquide sucré qu'il renferme.

La dissolution décantée provenant de la transformation de la fécule en glucose, est décolorée sur des filtres Dumont; ces filtres sont quelquefois formés d'une double enveloppe chauffée à la vapeur, disposition qui facilite le passage du sirop à travers la couche de noir animal en grains.

Le liquide filtré est reçu dans un réservoir destiné à alimenter une chaudière en cuivre chauffée par une grille tubulaire dans laquelle circule de la vapeur à quatre ou cinq atmosphères. Dans cette chaudière la dissolution sucrée est rapprochée à 25 ou 30° Beaumé ; puis on la met en repos dans un réservoir où se dépose du sulfate de chaux précipité pendant l'évaporation.

Le sirop clair soutiré de ses réservoirs peut se vendre à cet état pour servir à la préparation des bières colorées ou à celle de quelques autres boissons communes, on l'emploie aussi dans les distilleries pour produire de l'alcool.

Pour la fabrication des bières blanches et pour d'autres usages, le sirop de fécule a besoin de perdre la coloration qu'il a prise par la concentration ; pour cela, on le filtre de nouveau sur du noir neuf, ce qui achève de l'épurer en améliorant son goût.

Pour pouvoir expédier la glucose, il faut l'obtenir en masse ou en grains.

La *glucose en grains* s'obtient en concentrant de nouveau le sirop dans une chaudière tubulaire analogue à celles employées dans la fabrication du sucre de betterave (système Taylor et Martineau), on rapproche jusqu'à 35 ou 40°. Le liquide concentré à une température un peu supérieure à 100°, est conduit dans des rafraîchissoirs où il se refroidit, ce qui empêche la fermentation de se produire. Une fois le liquide refroidi à 20° on le tire au clair et on le met dans des tonneaux établis sur des chantiers d'une hauteur de 0m,30 posés sur des tables en plomb à rebords. Ces tonneaux, dont on a enlevé le fond supérieur et dont le fond inférieur est percé de 15 à 20 trous bouchés par des chevilles, remplacent ici les formes en terre que l'on emploie dans la fabrication du sucre indigène.

Au bout d'une semaine le sirop est aux deux tiers cristallisé, la mélasse est alors évacuée par les trous du fond qu'on débouche et elle tombe sur les tables en plomb qui se trouvent dessous; de là elle se rend dans un réservoir situé dans la cave à côté des rafraîchissoirs. Si l'égouttage a de la peine à s'effectuer, on ajoute de l'eau qui produit sur la masse cristalline les mêmes résultats que le clairçage sur le sucre ordinaire.

Pour achever l'égouttage, on incline les tonneaux, les uns sur les autres, sous un angle de 45°. Le liquide égoutté est plus amer que les cristaux; il est employé pour la fabrication de la bière brune.

Pour dessécher la glucose, il faut enlever les dernières traces de sirop qui pourraient s'accumuler dans la masse cristallisée.

Pour opérer cette dessiccation, qui présente quelques difficultés, on dépote les tonneaux qui renferment la glucose en grains, sur une aire en plâtre dont la propriété absorbante facilite beaucoup l'égouttage. Les blocs égouttés sont portés sur des dalles également en plâtre qui sont disposées autour d'une étuve chauffée à l'aide d'un calorifère, et où la dessiccation s'opère à une température qui ne doit pas dépasser 25° centigr.

La glucose séchée est réduite en poudre et emballée dans des tonneaux propres et solides dans lesquels on la livre au commerce.

La *glucose en masse* s'obtient en concentrant le sirop jusqu'à 42° ou 45° Beaumé, et on le coule alors dans des barriques où il se prend en masse. Les tonneaux remplis sont fermés, puis expédiés.

Ce dernier produit est d'un emploi beaucoup moins commode que la glucose pulvérulente, il sert, ainsi que cette dernière, à la préparation des confitures, du miel et des bières blanches.

La fabrication du sucre de fécule présente quelques inconvénients qu'il est bon de signaler. Pendant toutes les opérations qu'elle nécessite, et surtout pendant la saccharification, il se dégage une forte odeur empyreumatique due à l'huile essentielle de pommes de terre; cette odeur désagréable augmentée par l'action de l'acide sulfurique a souvent incommodé les habitants des maisons voisines des fabriques de glucose.

M. Chaussenot est parvenu à éviter ces graves inconvénients en condensant la vapeur qui se dégage des cuves dans un serpentin en cuivre, et utilisant la chaleur latente de cette vapeur pour commencer la concentration des sirops. Les produits condensés dans le serpentin sont dirigés dans des égouts ou des cours d'eau; quant aux gaz incondensables, ils sont brûlés sous les foyers.

Un impôt de 2 francs par 100 kilogr. a frappé dernièrement la glucose en sirop et en masse. Comme le sirop de glucose ne représente que 63 à 66 pour 100 de son poids de glucose en masse, il faudra donc supprimer le premier produit pour ne faire que de la glucose en masse; on pourrait même remplacer cette dernière par de la glucose desséchée complétement : on extrairait ainsi les 11 pour 100 d'eau qu'elle renferme qui paient par conséquent l'impôt comme la matière sucrée.

La glucose cristallisée a été imposée comme le sucre ordinaire, aussi ce produit ne pourra-t-il plus se soutenir, et sa suppression serait regrettable, si on ne l'avait souvent employé pour frauder le sucre ordinaire.

Nous terminerons en donnant le compte de fabrication du sirop et du sucre de fécule pour une production de 4500 kilogr. de sirop à 32° Beaumé ou de 3000 kil. de sucre solide.

Il faut dans ce cas :

3000 kilogr. de fécule à 22 fr.	660f »
60 kilogr. acide sulfurique à 15 fr.	9 »
10 hectolitres d'eau.	» »
80 kilogr. de craie.	2 »
300 kil. noir animal en grains à 10 fr.	30 »
35 hectolitres de houille à 1f,10. .	38,50
7 ouvriers à 2f,50.	17,50
Loyer et direction.	16 »
Capital, fonds de roulement. . .	5 »
Intérêts et réparations.	10 »
Éclairage et menus frais. . . .	5 »
Transports.	10 »
Escomptes et frais imprévus. . .	30 »
Total des dépenses.	833f »
Produits : 4500k sirop à 32° Beaumé, à 22 fr. les 100 kilogr. . . .	990 »
Bénéfice net. . . . fr.	157 »
Si on fabriquait du sucre solide, la production ne serait plus que de 3000 k. à 35 fr.	1050 »
Il faudrait en déduire les frais de concentration, 4 hect. houille. . .	4,40
	1045,60
Le bénéfice net dans ce cas serait.	212f,60

GLUTEN (*angl.* gluten, *all.* kleber). Nous avons déjà parlé du gluten et de ses propriétés nutritives à l'article FARINE; il nous reste encore à indiquer une application précieuse et toute nouvelle de ce produit due à MM. *Véron* frères de Ligugé (Vienne).

MM. *Véron* ont ajouté, dans leur usine, à la mouture du blé la fabrication de l'amidon, dont ils séparent le gluten, en employant pour cet usage le pétrin Fontaine (voyez PAIN). Voici comment ils opèrent :

On verse dans le pétrin environ 75 kilogrammes de farine première, avec une médiocre quantité d'eau, sans aucun levain; le mélange réduit en pâte est retiré du pétrin, et placé, en deux parties égales, dans deux amidonnières contiguës, espèces d'auges allongées dans chacune desquelles tourne un cylindre en bois cannelé. Ce cylindre, par le frottement sur la pâte et un arrosage continu et réglé à volonté, opère en peu de temps la séparation de l'amidon, qui est entraîné par divers conduits dans des récipients disposés exprès. L'amidon étant ainsi extrait de la pâte, il ne reste plus dans l'amidonnière que le gluten frais, formant un corps tendineux et élastique.

Le gluten ainsi préparé servit d'abord à la nourriture des animaux, puis plus tard à la fabrication des pains de luxe. Toutefois il était impossible d'écouler, à l'état frais, tout le gluten, produit d'une grande fabrication, au fur et à mesure de son extraction. MM. *Véron* cherchèrent d'abord à conserver ce produit important en le desséchant, puis le réduisant en poudre; mais lors même qu'ils y fussent parvenus avec économie, ils n'eussent encore obtenu qu'une sorte de farine propre à la fabrication du pain.

Une idée heureuse venue à MM. *Véron* a tranché la difficulté, en simplifiant toute l'opération, diminuant les frais, et donnant, au lieu d'une matière première, un produit d'une valeur plus grande et vendable directement aux consommateurs.

L'invention consiste :

1° A granuler et à dessécher le gluten : dès lors la réduction en poudre est inutile;

2° A séparer en trois ou quatre sortes, suivant leur grosseur, les grains tout formés;

3° Enfin, à livrer le gluten ainsi préparé pour être employé surtout à la confection des potages.

MM. Véron commencent par étirer le gluten frais, à sa sortie de l'amidonnière, dans deux fois son poids de farine de froment de première qualité; puis, le portent à une machine appelée *démêleur*, composée de deux cylindres concentriques, dont celui intérieur, armé de chevilles saillantes, tourne avec une grande vitesse, et celui extérieur, beaucoup plus lentement : le gluten est promptement divisé dans cette machine, et forme un tout homogène qui est ensuite réduit en grains allongés qu'on place dans une étuve à tiroirs montée à cet effet à côté des étuves à amidon et également chauffée. Le gluten y est desséché en une heure et demie, puis tamisé pour obtenir des grosseurs différentes. Les grumeaux restants sont concassés dans un moulin à noix et tamisés de nouveau.

L'amidonnerie de MM. Véron consomme, en 12 heures de travail, 800k de farines premières, lesquels, après séparation de l'amidon, donnent 250k de gluten frais; cette quantité, réunie à 500k de farine de froment, fournit, déduction faite de 24 p. 100 perdus par la dessiccation, 570k de produit sec.

On se rend aisément compte de la composition de ce produit par les nombres suivants :

100k de gluten frais, contenant 38k de gluten sec, divisés par 200k de farine, contenant 24k de gluten sec, en tout 300k, se réduisent par dessiccation à 228k, contenant 62k de gluten sec; ce qui donne, par 100k de ce produit granulé, 27k,2 de gluten sec, c'est-à-dire plus

du double de la quantité contenue dans la farine employée.

Cette richesse en matière fort nutritive n'est pas le seul avantage que présente le produit nouveau, si on le compare avec les pâtes dites vermicelle, semoule, etc. Dans celles-ci, les préparations qui consistent à pétrir avec de l'eau bouillante, puis à étirer à chaud, ont coagulé le gluten et soudé les grains d'amidon. Les pâtes sèches ainsi obtenues acquièrent par suite une dureté et une cohésion telles, qu'une ébullition plus ou moins soutenue devient nécessaire pour les hydrater à point dans les potages, tandis que le gluten granulé, à froid et séché, sous l'influence d'une douce température, restant perméable, s'hydrate en deux minutes dans un liquide à 100°, et permet ainsi de conserver au bouillon tout son arome : 40 à 45 grammes suffisent pour un litre de liquide. On conçoit aisément que, le gluten étant ainsi uniformément hydraté, sans qu'il ait été nécessaire de prolonger l'ébullition, le potage obtenu soit plus agréable, plus nourrissant et plus léger.

GLYCÉRINE. Un des produits de la saponification de la stéarine; c'est un corps liquide, incolore, inodore, sirupeux, d'une saveur sucrée, et tout à fait incristallisable; soluble en toutes proportions dans l'eau; combustible; l'acide nitrique se change en acide azotique, et l'acide sulfurique en sucre. Sa composition à l'état de combinaison est représentée par la formule $C^3 H^6 O^2$, qui donne : carbone, 49.2; hydrogène, 8.0; oxygène, 42.8; à l'état libre, elle renferme, en outre, un équivalent d'eau $H^2 O$.

La glycérine se forme ou se sépare, toutes les fois que l'on soumet une graisse ou une huile à l'action des bases. Ordinairement, on met parties égales d'huile d'olives et de litharge en poudre fine dans une bassine avec de l'eau; on fait bouillir, en ajoutant de l'eau chaude à mesure qu'elle s'évapore, et remuant sans cesse avec une spatule. Peu à peu la litharge disparaît, ainsi que l'huile, et l'on obtient une masse d'un blanc jaunâtre, qui forme *l'emplâtre diapalme* des pharmaciens. On ajoute de l'eau chaude et on décante la liqueur aqueuse; on la filtre, et on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui en précipite du sulfure de plomb. On filtre de nouveau, et on fait évaporer au bain-marie : le résidu sirupeux est la glycérine.

GNEISS ou *Granite rubanné*. Voyez GÉOLOGIE.

GOMME (*angl.* gum, *all.* gummi). On appelle *gomme*, en général, un produit végétal solide, à cassure nette et souvent vitreuse, d'une saveur fade et douceâtre, plus ou moins soluble dans l'eau, et susceptible de lui donner de la viscosité, c'est-à-dire de produire avec elle un mucilage plus ou moins épais. Lorsque cette solution est étendue sur une surface quelconque, elle forme, par sa dessiccation, un vernis solide que la chaleur ordinaire ne ramollit point. Le sous-acétate de plomb précipite les gommes de leur dissolution aqueuse a l'état de combinaison; l'alcool les précipite également, mais à l'état de pureté et seulement par suite de leur insolubilité dans ce réactif. L'acide nitrique bouillant les change en *acide mucique*, blanc, pulvérulent, fort peu soluble. Par l'action du feu, elles fondent, se boursouflent et se décomposent avec résidu de charbon.

Dans le commerce, on confond sous la même dénomination de *gomme* des substances très diverses, ainsi : la *gomme* ELEMI, la *gomme* COPAL, etc., sont de véritables résines; la *gomme* AMMONIAQUE et la *gomme-gutte* sont des gommes-résines; la *gomme élastique* ou CAOUTCHOUC est un corps particulier.

La plus importante des gommes est la *gomme arabique*, dont la plus estimée nous arrive du Sénégal, ou elle est produite par le *mimosa senegal* de Linnée, arbre de 6 a 7m de hauteur. Elle nous arrive de ce pays, en morceaux de forme variée, mais en général arrondie, incolores ou plus ou moins fortement colorés en jaune ou en rouge-brun, et contenant souvent des masses plus ou moins volumineuses, ou *marrons*, formée par l'agglomération de petits morceaux d'une gomme molle, empâtant des débris d'écorces et d'autres impuretés.

La gomme arabique est principalement composée d'*arabine*, principe soluble dans l'eau.

La gomme qui découle dans nos contrées sur les pruniers, les cerisiers, et autres arbres a noyaux, ressemble par ses caractères extérieurs à la gomme arabique, mais elle en diffère par ses propriétés. Traitée par l'eau, elle ne se dissout qu'en partie, et sa dissolution ne présente pas autant de viscosité. Elle renferme 52 p. 100 d'arabine et 35 p. 100 de *cerasine*, principe particulier insoluble dans l'eau, qui, par un ébullition prolongée dans ce liquide, finit par se convertir entièrement en arabine.

Les *gommes adrangante* et de *Bassora* qui découlent de deux arbrisseaux du genre *astragalus*, qui croissent dans l'Asie mineure, renferment plus de la moitié de leur poids d'un principe insoluble dans l'eau, qui porte le nom de bassorine. Ces gommes opaques ou légèrement translucides, blanches ou jaunâtres, se présentent en lanières ou filets élastiques et comme contournés. Elles sont fort peu solubles dans l'eau, mais elles forment avec elles des mucilages d'une grande consistance, ce qui fait que les pharmaciens et les confiseurs en font un usage très fréquent; on les emploie avec succès pour l'apprêt des rubans, des dentelles et de quelques autres tissus; enfin, on s'en sert, dans la fabrication des toiles peintes, pour l'application de certaines couleurs délicates.

GOMME ÉLASTIQUE. Voyez CAOUTCHOUC.

GOMME-GUTTE. Voyez GOMMES-RÉSINES.

GOMME LAQUE. Voyez LAQUE.

GOMMES-RÉSINES (*angl.* gums-resins, *all.* gummiharze). Les gommes-résines sont des produits végétaux qui, comme leur nom l'indique, participent à la fois de la nature des gommes et de celle des résines. La plupart d'entre elles étant décrites à leur nom, il ne nous en reste ici que quelques-unes à décrire; ce sont les suivantes :

ASSA-FŒTIDA. Gomme-résine produite par le *ferula assa-fœtida*, plante de la famille des ombellifères qui croit en Perse. On la récolte en faisant des incisions au collet de la racine; il en découle un suc laiteux assez épais qui se concrète à l air. L'assa-fœtida, nous arrive en lames détachées et très pures, ou plus souvent en masses d'une consistance un peu molles, qui présentent dans leur cassure des lames d'un blanc-jaunâtre un peu transparentes, et qui, par le contact de l'air et de la lumière, ne tardent point a acquérir une couleur rosée.

Cette gomme-résine est très employée en médecine, à cause de ses puissantes propriétés anti-hystériques.

EUPHORBE. Cette gomme-résine est fournie par trois plantes de la même famille des euphorbiacées; elle exsude spontanément à la base des aiguillons géminés dont la plante est recouverte, et se concrète a leur surface; et de là vient que les lames de cette gomme-résine sont percées de trous dans toute leur longueur, où l'on retrouve encore ces aiguillons. L'euphorbe est ordinairement en petites larmes de la grosseur d'un pois, irrégulières, jaunâtres, demi-transparentes, sans odeur prononcée; mais si on en respire la poudre, en quelque faible quantité que ce soit, elle produit sur les membranes un effet excitant des plus violents; c'est ce qui rend sa pulvérisation très dangereuse.

L'euphorbe n'est usitée maintenant que comme un vésicant très énergique.

GOMME-GUTTE. Cette gomme-résine découle par incision du *stalagmitis cambogioides*, arbre qui croit surtout dans la presqu'île de Camboge et l'île de Ceylan. Elle nous arrive en gros morceaux cylindriques d'un brun-jaunâtre à l'extérieur, jaune-rougeâtre dans l'in-

térieur, sans odeur ni saveur, et à cassure nette et brillante, mais opaque; délayée avec l'eau, elle forme une émulsion de la même teinte, qui, appliquée sur le papier, s'y dessèche facilement, et y forme un vernis d'un jaune doré éclatant; aussi l'emploie-t-on avec avantage pour la miniature et l'aquarelle. En médecine, on s'en sert comme d'un purgatif très énergique.

SCAMMONÉE. Cette gomme-résine nous arrive du Levant, où on l'extrait, par incision, autour du collet de la racine du *convolvulus scammonia*; elle est en masse poreuse d'un gris cendré, friable, ayant une odeur de laitage aigri, et donnant une émulsion verdâtre avec la salive; délayée dans l'eau, elle y reste presque entièrement en suspension, et ne laisse que fort peu de résidu lorsqu'elle est pure. C'est un excellent purgatif très employé en médecine.

GONIOMÈTRE. Instrument servant à mesurer les angles des cristaux. Voyez MINÉRALOGIE.

GOUDRON MINÉRAL *naturel ou bitume.* Nous avons vu à ce dernier mot les applications qui ont été faites de certains bitumes ou calcaires bitumineux au revêtement des voûtes, pour les préserver de l'humidité, et à la confection des trottoirs.

GOUDRON MINÉRAL ARTIFICIEL. La distillation de la houille pratiquée sur une grande échelle dans les usines à gaz, donne en quantité considérable un goudron regardé longtemps comme une substance inutile. Il n'y a que peu d'années qu'on a tenté, comme nous l'avons vu à l'article ÉCLAIRAGE AU GAZ, de l'employer comme combustible pour le chauffage des cornues au moyen d'appareils de combustion convenables; mais depuis quelques années cette substance, dont on cherchait surtout à se débarrasser, a trouvé plusieurs emplois importants, et est devenue la base de quelques curieuses industries; nous les passerons en revue à cause de l'intérêt qu'elles présentent en elles-mêmes, et aussi comme exemple frappant des progrès des industries fondées sur les sciences chimiques, par l'emploi des résidus obtenus dans certaines fabrications.

Acide carbazotique ou picrique. M. Laurent a montré que l'acide azotique dans sa réaction sur de l'huile lourde de houille (obtenue par la distillation du goudron entre 160 et 190 degrés centigrades), produit un acide d'un beau jaune citron. M. Quinon, habile teinturier de Lyon, a appliqué avec succès ce corps à la teinture sur soie. Il peut servir aussi à teindre la laine, mais il ne se fixe pas sur les fibres textiles d'origine végétale.

Voici comment M. Payen en décrit la préparation :

Dans une capsule ayant une capacité triple du volume des matières employées, on verse trois parties d'acide azotique à 36°, dont on élève par la vapeur ou le bain-marie la température à 60° centigrades; on retire la capsule de la source de chaleur et l'on y verse peu à peu, à l'aide d'un tube effilé plongeant jusqu'au fond, de l'huile de houille; à chaque addition d'huile une vive réaction a lieu.

Pour compléter la transformation, lorsque toute l'huile est ajoutée, on verse trois nouvelles parties d'acide azotique, on porte à l'ébullition, et l'on fait évaporer à consistance sirupeuse sans dessécher, car le produit s'enflammerait.

Le liquide se prend par le refroidissement en masse pâteuse, qu'on lave à l'eau froide pour éliminer l'excès d'acide; on fait dissoudre dans l'eau bouillante, on ajoute à la dissolution de l'acide sulfurique très étendu (à 0,001) pour séparer la matière résinoïde.

Le prix de cette teinture est peu élevé, car 1 gramme d'acide suffit pour teindre 1 kil. de soie. Elle opère sans mordants, sans rinçage, à la température de 30 à 40°. Elle fournit une couleur très belle et très solide pour les jaunes citrons clairs et moyens, depuis la nuance paille jusqu'à la nuance soufre, ou même maïs, avec addition de rocou.

Fabrication des houilles agglomérées dites péras. Dans l'exploitation des mines de houille, on tire peu ou point de valeur des menus fragments, et cela en raison de la difficulté de les brûler sur des grilles au travers desquelles ils passent en trop grand nombre.

On est parvenu avec succès dans quelques exploitations, et notamment à Blanzy, à en former des blocs qui offrent sur la houille en gros morceaux certains avantages. Pour cela, après avoir lavé la houille pour la débarrasser des parties schisteuses, comme nous l'avons vu à l'article COKE, on la chauffe vers 200° et on l'imprègne de brai gras; le mélange, comprimé fortement par une presse hydraulique, prend la forme rectangulaire du moule, et les particules de houille enduites de goudron de houille concentré, contractent une adhérence assez grande qui s'accroît encore par le refroidissement. On a imaginé dernièrement une machine présentant, sur un disque qui tourne, les moules successivement remplis à l'action d'un levier articulé qui comprime rapidement le mélange; chaque pain comprimé est repoussé de bas en haut par le fond même du moule, comme cela a lieu dans quelques machines à fabriquer les briques. Cette machine diminue les dépenses de main-d'œuvre, seul inconvénient du système, car les péras bien fabriqués, c'est-à-dire ne renfermant pas assez de brai gras pour se ramollir et se souder entre eux, résistent mieux que la plupart des houilles. Ils sont plus faciles à arrimer dans les soutes des bateaux, et permettent d'économiser deux dixièmes de l'espace.

Charbon de Paris. Une industrie curieuse a été fondée à Paris par M. Popelin Ducarre, c'est celle de la fabrication d'un charbon moulé composé de matières carbonisées agglomérées en cylindres analogues aux formes ordinaires du charbon de bois. Cette agglomération ne peut être produite qu'au moyen d'une substance susceptible non-seulement de relier ces matières, mais encore de les maintenir après sa propre carbonisation. Le goudron provenant des usines d'éclairage au gaz remplit parfaitement ces conditions, de plus il laisse 20 ou 25 centièmes de son poids de charbon exempt de matières volatiles et de cendres interposés entre les particules à réunir.

Quant aux matières premières l'inventeur a, nous croyons, dépensé inutilement beaucoup d'argent à vouloir réaliser le programme qu'il s'était proposé d'utiliser les bruyères, les brindilles des forêts, toutes substances de peu de valeur il est vrai à l'état brut, mais qui devant être carbonisées dans des fours spéciaux ne valaient pas les frais de transport et de carbonisation. Il n'a pas été plus heureux en voulant employer dans une proportion considérable le tan épuisé, dont les tanneries de Paris n'ont qu'un débouché peu avantageux. L'énorme proportion de cendres que produit un semblable combustible, analogue à celui connu sous le nom de mottes, ne permet de l'employer que dans un petit nombre de cas. Les seules substances qui fussent à la disposition de l'inventeur pour fabriquer un charbon propre aux usages domestiques, et plus économique que le charbon de bois, étaient : 1° la poussière de charbon de bois; 2° la poussière de charbon de tourbe, ces deux substances se concentrant comme résidus des fonds de bateaux et des différents magasins; et enfin 3° le coke. Les débris de charbon d'origine végétale, en assurant la facile combustion du charbon de Paris, ont permis le mélange d'une certaine quantité de coke, et par suite la fabrication d'un combustible assez économique, puisque toutes les substances qui en font partie sont toutes moins chères que le charbon de bois. On voit aussi que ce combustible, formé nécessairement en grande partie de charbon d'origine végétale, ne peut vraiment réussir qu'autant qu'on peut trouver à bon marché des

résidus de ce dernier; il ne peut donc répondre qu'à une partie seulement de la consommation, et les essais tentés, en diminuant la proportion de combustible végétal, n'ont donné que des produits trop voisins du coke fourni par les usines d'éclairage au gaz pour qu'on dût en donner un prix pouvant défrayer les frais de fabrication. Pour donner l'idée de la quantité de goudron employée dans cette fabrication, nous dirons que pour les produits de première qualité elle s'élève jusqu'à 60 kilogrammes pour 100 kilogrammes de combustible.

Ce moulage de la pâte charbonneuse se fait à l'aide d'une machine composée d'une série de tiges cylindriques, douées d'un mouvement rectiligne alternatif, qui viennent comprimer la pâte et la faire sortir des vides cylindriques dans lesquels elle a été versée. Les cylindres en sortant des moules restent à l'air trente-six ou quarante-huit heures, afin de prendre quelque consistance. On les porte alors dans des fours à mouffles, où ils sont chauffés pendant six heures, la combustion des produits volatils suffisant pour opérer la carbonisation une fois que le four est en feu.

En résumé, cette fabrication nouvelle, trop prônée à son origine, n'en est pas moins très intéressante et indique chez celui qui est parvenu à la faire réussir de notables talents d'ingénieur et de fabricant.

GOUDRON VÉGÉTAL (*angl.* tar, *all.* theer). Voyez CARBONISATION et TÉRÉBENTHINE.

GOUGE. Ciseau cannelé en gouttière, à biseau extérieur ou intérieur, affûté, droit ou arrondi. Toutes les fois qu'on se sert d'une gouge dans l'intention de transmettre sa forme sur les matières ouvrées, le biseau du taillant doit être pratiqué en dedans de la cannelure; c'est ainsi que sont affûtées la plupart des gouges de menuiserie et de charpenterie. Quand on n'emploie la gouge que pour dégrossir plus promptement, le biseau doit être en dehors, comme cela se pratique pour la gouge du tourneur et certaines gouges de menuisier.

GRADUATION (BATIMENTS DE). Voyez SEL MARIN.

GRAINE D'AVIGNON. Baies du *rhamnus infectorius*, plante cultivée dans le midi de la France. On les arrache, avant leur maturité, lorsqu'elles ont acquis une couleur verdâtre. On les emploie dans l'IMPRESSION SUR ÉTOFFES et la TEINTURE.

GRAINE DE LIN (*angl.* linseed, *all.* leinsame). Elle contient, étant sèche, 11,265 p. 100 d'huile; 0,146 de cire; 2,488 d'une résine molle; 0,550 d'une matière résineuse colorante; 0,926 d'une substance jaunâtre analogue au *tannin*; 6,154 de gomme; 15,12 de mucilage végétal; 1.48 d'amidon; 2,932 de glu; 2,782 d'albumine; 10,884 d'extrait de *saccharine*; 44,382 d'enveloppes renfermant quelque mucilage végétal. Elle renferme aussi de l'acide acétique libre, un peu d'acétate, de sulfate, et de muriate de potasse, du phosphate et du sulfate de chaux, du phosphate de magnésie, et de la silice. (Voyez HUILES).

GRAISSAGE DES MACHINES ET DES VOITURES. De tout temps les graisses ont été employées pour adoucir, diminuer les frottements de tous les cylindres destinés à frotter sur leur axe, de tous les pistons, de tous les rouages des machines. Sous le nom de cambouis, de vieux-oing, de graisse noire, de graisse mucilagine, etc., on emploie aussi des graisses composées de différentes matières pour graisser les essieux des voitures, et des wagons des chemins de fer; la fabrication de ces graisses a pris une nouvelle et grande importance depuis l'établissement des voies ferrées où les wagons ne sauraient rouler sans une boîte à graisse suffisamment garnie.

Graisses pour machines. Pour graisser les machines on se sert des compositions dont nous allons donner les formules :

1° D'un mélange d'environ parties égales de suif de Russie et d'huile d'olive; ce mélange qui entre en fusion à environ 30° est employé en Angleterre pour adoucir le frottement des pistons des machines à la Perkins;

2° D'un mélange de parties égales de suifs de mouton et de bœuf; ce mélange est très employé pour défendre les tiges des pistons des machines à vapeur de l'oxydation, qui, sans cette précaution, amènerait promptement leur destruction. A la partie supérieure des tiges est pratiquée une espèce d'entonnoir rempli de cette graisse que la chaleur de la machine maintient à l'état liquide. Cette graisse coulant peu à peu le long de la tige, revêt incessamment la surface d'une couche mince qui préserve le fer de l'humidité. C'est de cette même graisse que l'on imbibe le stuffen-box, ou la boîte à étoupes, c'est-à-dire du chanvre tordu qui est ensuite serré dans une sorte de boîte ou de gobelet par un écrou à vis, qui, la comprimant de plus en plus, lui fait rendre la quantité de graisse nécessaire à l'adoucissement du frottement des axes des cylindres. Dans la plupart des machines aujourd'hui employées, quelle que soit leur destination, on a eu soin, du reste, de placer de petits appareils qui d'eux-mêmes, par suite du jeu des machines, versent sur ces parties à graisser la quantité nécessaire de graisse sans que les ouvriers aient besoin d'intervenir autrement que pour remplir chaque jour ces appareils;

3° D'un mélange bien homogène de 16 parties de plombagine réduite en poudre très fine et de 84 parties de graisse de porc ou axonge;

4° Soude 125 grammes, eau 8 litres; on fait dissoudre la soude dans l'eau, et pour chaque litre de solution on prend 1 kilogr. 1/2 de suif bien pur, et 3 kilogr. d'huile de palme; on fait chauffer le mélange dans une marmite jusqu'à ce qu'il soit arrivé à 93°, en ayant soin de remuer sans cesse; on laisse ensuite refroidir jusqu'à une température de 15°; à ce moment, la masse doit avoir acquis une consistance analogue à celle du beurre. (Répertoire des patentes anglaises, 7 septembre 1834);

5° Solution de soude faite comme précédemment; huile de lin 8 litres, suif 75 grammes; on mêle, on fait chauffer le mélange jusqu'à 93°, en agitant, et on introduit dans des bouteilles; c'est ce qu'on appelle *graisse liquide;*

6° On trouve, dans le Journal des Connaissances usuelles, une autre formule imaginée par MM. Cowmeadon, Osborn et Valtoy. Nous craignons qu'elle ne donne un produit trop coûteux, qui de plus ne pourrait être employé pour les pièces en cuivre et en bronze que le mercure détériorerait :

Plombagine pulvérisée.	50
Saindoux.	50
Savon vert.	50
Mercure.	5

On fait d'abord amalgamer parfaitement ensemble le saindoux et le mercure; on ajoute, en mêlant, la plombagine, et enfin le savon vert.

Graisse pour wagons. Nous allons maintenant donner la composition d'une graisse importée d'Angleterre, et qui est employée dans plusieurs entreprises de chemins de fer :

Suif blanc.	120 kilogr.
Huile de poisson.	50
Résine.	20
Sel de soude.	18
Eau.	192
Total. .	400 kilogr.

On fait d'abord fondre la résine réduite en poudre fine dans la chaudière à suif où on ajoute le suif; la fusion étant complète, on verse l'huile de poisson et on

introduit le tout dans un tonneau muni d'un agitateur; on ajoute l'eau un peu tiède qui tient en dissolution le sel de soude; on agite, et on laisse couler dans des vases où la masse s'épaissit en un ou deux jours selon la température.

Graisse pour voiture. Depuis longtemps on emploie du goudron, dans quelques provinces de l'Est, pour graisser les machines et surtout les essieux des voitures. On fait ce qu'on appelle de la graisse d'asphalte, en mélangeant de l'huile de pétrole et de naphte, extraite des usines qui sont situées dans l'Alsace, avec du savon gris. Cette fabrication remonte à plus d'un siècle. D'après Saussure, on se sert en Suisse, de temps immémorial, d'une graisse noire, qui n'est autre qu'un produit de la distillation d'un pétrole concrété par de la chaux.

En 1828, M. Dive, de Mont-de-Marsan, a pris un brevet pour « un procédé de fabrication d'un enduit économique propre à préserver les objets extérieurs des effets de l'humidité, et à remplacer avec avantage, pour le consommateur, tous les corps gras dont on s'est servi pour graisser les roues des voitures. » Ce procédé consiste à concréter les huiles pyrogénées, c'est-à-dire celles de goudron, de résine, de bitume, par divers sels, sous-sels et oxydes métalliques; notamment, par le sous-acétate de plomb. M. Dive emploie 1 kilogramme d'huile pyrogénée de résine, à laquelle il ajoute 96 kilogr. d'un sous-acétate de plomb, qu'il fabrique, en faisant bouillir une dissolution de 3 kilogr. de sel de saturne dans 9 kilogr. d'eau distillée, et y projetant 2 kilogr. d'oxyde de plomb, demi-vitreux, bien pulvérisé.

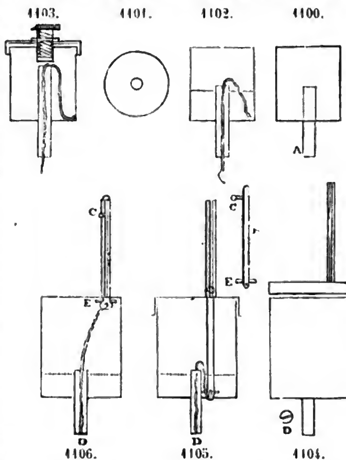
Tels sont les faits qui étaient connus, lorsqu'en 1837, MM. Payen et Buran prirent un brevet pour la concrétion des mêmes huiles de résine, de goudron, ou de bitume par la chaux, ce qui donne la *graisse noire*. Le principe de leur invention repose dans la distillation de la résine sur de la chaux introduite en même temps dans l'appareil distillatoire, afin d'enlever, disent-ils, l'acide acétique, qui, dans la distillation se forme en même temps que l'huile. Ils distillent la résine sur de la chaux en proportion de 5 à 10 p. 100 du poids de la résine; et il suffit ensuite, en opérant à froid, de mélanger à l'huile produite de 2 à 5 p. 100 de chaux, en remuant le tout ensemble, et en ne mettant la chaux que peu à peu, pour que toute l'huile se concrète.

Quoique MM. Payen et Buran prétendent avoir un produit suffisamment solide en employant une aussi faible quantité de chaux, il est arrivé, dans la pratique, que l'huile de résine coulait beaucoup trop facilement, et pour obvier à cet inconvénient, certains fabricants ont forcé la proportion de chaux jusqu'à en mettre 40 p. 100. On comprend qu'une si grande quantité de matière solide, infusible à une température peu élevée, comme celle produite par le frottement des essieux, doit être nuisible et donner lieu à un dépôt énorme de cambouis.

MM. Payn et comp., de Belleville, ont obvié à cet inconvénient, dans la fabrication de la *graisse mucilagne*. Ils distillent la résine sans ajouter de chaux, et, séparant les premiers produits un peu acides et un peu aqueux, ils concrètent le reste avec 10 p. 100 de suif, 10 p. 100 de talc et 5 p. 100 de chaux. Ils versent l'huile dans un tonneau muni d'un agitateur, y ajoutent le suif fondu, puis le talc et la chaux. Après quatre à cinq minutes d'agitation, ils laissent couler le produit qui ne tarde pas à se solidifier dans les caisses. Le suif, disent les fabricants que nous venons de nommer, empêche que la graisse ne durcisse sur les essieux, et le talc qu'elle ne coule trop facilement.

Les dispositions qui servent à utiliser ces substances diverses pour le graissage se réduisent, en général, à les placer dans des boîtes à graisse ou cavités, placées au-dessus du point de contact où le frottement a lieu. La chaleur produite par celui-ci fait fondre successivement la graisse qui s'écoule sur la pièce en mouvement.

Pour l'emploi des huiles liquides il faut employer des appareils qui ne permettent qu'un écoulement lent. Nous citerons ici l'appareil suivant (fig. 1100 à 1103) dû à M. Wolsey, qui fonctionne de lui-même d'une manière continue, et qui est remarquable par sa simplicité; un



godet d'étain, représenté en coupe et en plan fig. 1100 et 1101, porte un tube A ouvert par les deux bouts, qui s'élève jusqu'à une certaine hauteur au-dessus de son fond; on verse de l'huile dans le godet, et on prend une mèche de coton que l'on passe dans le tube A, et que l'on fait retomber dans l'huile (fig. 1102). Cette mèche forme syphon en vertu de sa capillarité, et l'huile s'écoule par son extrémité inférieure sur la pièce à graisser, avec une vitesse qui dépend de la longueur de la grosseur, et du plus ou moins de compacité de la mèche; on arrête l'écoulement de l'huile, en appuyant sur l'ouverture supérieure du tuyau A une vis qui traverse le couvercle du godet (fig. 1103). Le docteur Ure a remplacé cette vis par la disposition représentée fig. 1104 à 1106; cette disposition consiste dans l'emploi d'une tringle, mobile dans une coulisse, et à laquelle on fixe en E l'extrémité supérieure de la mèche; pour arrêter l'huile, on soulève la tringle, en la saisissant par le bouton C, jusqu'à ce que la mèche ne trempe plus dans l'huile; l'extrémité inférieure de la mèche est traversée par un petit fil de métal, qui est arrêté en D, et qui sert plus tard à la retirer. BARRAL.

GRAISSES (*angl.* fats, *all.* fette). On a donné le nom de graisses à des substances composées le plus souvent d'*oléine*, de *stéarine*, de *margarine*, et d'une faible quantité de principes odorants et colorants : elles renferment quelquefois de l'*hircine*, de la *butyrine* et de la *phocénine*. On trouve les graisses dans un grand

nombre de tissus animaux ; elles sont très abondantes sous la peau, autour des reins, de l'épiploon, etc.

La consistance, la couleur et l'odeur des graisses varient avec la nature des animaux qui les fournissent. Ainsi on a remarqué qu'elles sont fluides chez les cétacés, molles et d'une odeur forte chez les carnivores, solides et incolores chez les ruminants, ordinairement blanches et abondantes chez les jeunes animaux, jaunâtres et moins abondantes chez les animaux plus âgés ; enfin, dans un même animal, la consistance de la graisse varie suivant la partie où on la prend, elle est plus ferme sous la peau et près des reins qu'à l'entour des viscères mobiles.

Dans l'animal, les graisses ne se trouvent jamais isolées ; elles sont souvent enveloppées de tissus adipeux, et renferment des membranes, des vaisseaux lymphatiques, etc. Pour purifier les graisses, on leur fait subir un lavage à l'eau et une ou plusieurs fusions et filtrations, comme nous l'avons indiqué avec détail à l'article BOUGIE, en parlant de l'épuration du suif.

Les graisses sont, en général, blanches ou légèrement jaunâtres, peu odorantes, d'une saveur douce, et plus légères que l'eau, elles fondent toutes au-dessous de 100°. Chauffées au contact de l'air, elles répandent des fumées blanches et piquantes, et prennent une couleur plus ou moins foncée ; soumises à la distillation, elles se décomposent à la manière des huiles et fournissent des produits analogues. Par l'action des alcalis, les graisses se transforment en acides gras, qui s'unissent avec les alcalis pour former les SAVONS. Exposées au contact de l'air, elles en absorbent l'oxygène, elles rancissent, et il s'y développe des acides semblables à ceux qui se forment lors de la saponification.

Les graisses sont employées en très grande quantité dans les arts. La graisse de porc ou *axonge* est employée comme aliment ; elle forme la base des pommades cosmétiques et pharmaceutiques ; les corroyeurs et hongroyeurs l'emploient pour donner de la souplesse aux peaux ; on s'en sert pour graisser les essieux des voitures, les engrenages des machines, etc. (Voir l'article précédent). Les graisses de bœuf et de mouton servent à la fabrication des CHANDELLES, des BOUGIES *stéariques* et des SAVONS. Une foule d'autres graisses, celles d'oie et de veau, sont encore employées comme aliment. La graisse d'ours, la moelle de bœuf, etc., qui entraient autrefois dans la préparation des cosmétiques, sont actuellement remplacées par la graisse de veau, qui, très blanche et peu disposée à rancir, convient bien pour cet emploi ; comme elle est généralement trop consistante on la mélange avec une proportion variable d'axonge.

GRAISSE DES VINS. Voyez VIN.

GRANITE. Sorte de roche très répandue dans la nature. Voyez GÉOLOGIE.

GRAVURE. La gravure est la production d'un dessin sur une matière dure, généralement dans le but de le reproduire un grand nombre de fois, le plus ordinairement par l'impression (gravure en creux, en relief), quelquefois par la percussion ou le moulage (gravure en caractères, gravure des médailles).

GRAVURE EN CREUX *ou en taille-douce*. Dans cette gravure les traits du dessin sont creusés dans une planche plate. Ces creux, remplis de noir, servent à donner sur une feuille de papier les épreuves du dessin, gravé, par les procédés de l'IMPRIMERIE EN TAILLE-DOUCE.

Le premier soin du graveur est de se procurer une planche de cuivre rouge, ou d'acier, parfaitement homogène, afin que les actions chimiques l'attaquent bien également, et qu'elle n'offre pas des points de résistance variable. Ce cuivre lui est livré par le PLANEUR, parfaitement dressé et poli.

Pour graver en taille-douce on emploie deux procédés, l'eau-forte et le burin ; le plus souvent l'eau-forte sert à faire la plus grande partie du travail, et le burin sert à achever.

GRAVURE A L'EAU-FORTE.

Pour graver à l'eau-forte il faut couvrir la planche d'un vernis ; c'est en enlevant sur ce vernis les lignes du dessin et creusant au moyen d'un acide les lignes ainsi découvertes, que s'obtient la gravure.

Des vernis. Parmi les vernis nous citerons celui de M. Lawrence, qui est composé comme il suit : On prend de la cire-vierge et de l'asphalte, de chaque 2 parties ; de la poix noire et de la poix de Bourgogne, de chaque, 1 partie. On fond la cire et la poix dans un pot de terre verni, et on y ajoute, par degrés, l'asphalte en poudre fine. On chauffe le tout jusqu'à ce qu'une goutte refroidie se brise, en la pliant deux ou trois fois entre les doigts. Le vernis étant alors ôté de dessus le feu, et un peu refroidi, doit être versé dans de l'eau chaude, où il peut être travaillé plus aisément avec les mains, de manière à être mis sous forme de boules, qui doivent être pétries et mises dans un morceau de taffetas pour l'usage.

On doit préparer un vernis plus dur dans l'été que dans l'hiver ; ce qu'on obtient en le chauffant plus longtemps ou en augmentant la proportion d'asphalte ou résine brune employée.

Préparation du vernis fort, employé par Callot, et appelé communément vernis de Florence. Prenez une partie d'huile grasse très claire, ou de bonne huile de graine de lin, comme celle dont les peintres font usage ; chauffez-la dans un vase de poterie vernissée, mettez-y ensuite autant de mastic bien pulvérisé, remuez le mélange vivement jusqu'à ce que le tout soit bien mêlé, passez alors la masse à travers un morceau de toile, et conservez-la dans une bouteille de verre, qui puisse être bouchée très exactement pour l'usage qui sera expliqué ci-dessous.

Méthode d'appliquer le vernis sur la planche, et de le noircir. La planche étant bien polie et brunie, nettoyée de toute crasse avec du blanc d'Espagne, on la serre dans un étau à main, sur le bord où il n'y a rien à graver, afin de pouvoir la manier lorsqu'elle est chaude. On la met ensuite sur un réchaud dans lequel il y a un feu modéré, et on couvre toute sa surface également d'une légère couche de vernis, avec un petit tampon fait de coton, enveloppé dans du taffetas, opération qui unit et distribue le vernis également sur toute la plaque.

Lorsque cette plaque est ainsi uniformément et légèrement couverte de vernis, elle doit être noircie afin qu'on aperçoive bien les traits du dessin. On se sert d'un flambeau composé de huit ou dix brins de bougie, filée, tordus ensemble, qui produisent beaucoup de fumée. Le vernis doit être noirci avant d'être froid ; et lorsqu'il se refroidit, la plaque doit être chauffée de nouveau, parce qu'il faut que le vernis soit dans un état pâteux lorsque cette opération est exécutée. Mais on doit avoir grand soin de ne point le brûler, et l'on peut s'apercevoir aisément de cet accident à la seule inspection du vernis qui perd son lustre.

Transport du dessin sur la planche. On transporte le dessin sur la planche à l'aide des divers procédés de décalquage que nous avons décrits à l'article DESSIN, nous n'y reviendrons pas ici.

Des pointes. Pour enlever le vernis dans toutes les parties correspondantes aux traits du dessin, le graveur trace ceux-ci au moyen de pointes.

La façon de faire des pointes la plus facile est de choisir des aiguilles à coudre de différentes grosseurs, d'en armer de petits manches de bois de la longueur d'environ 12 à 15 centimètres, et de les aiguiser pour les rendre plus ou moins fines, suivant l'usage qu'on veut en faire. Quant à la manière de les monter, c'est

ordinairement une virole de cuivre qui les unit au bois, au moyen d'un peu de mastic ou de cire d'Espagne. On appelle du nom de *pointe* en général toutes ces sortes d'outils; mais le nom d'*échoppes* distingue celles des pointes dont on aplatit un des côtés, de sorte que l'extrémité n'en soit pas parfaitement ronde, mais qu'il s'y trouve une espèce de biseau.

Quand on a tracé sur la planche, en ôtant le vernis, avec les pointes et les échoppes, tout ce qui peut contribuer à rendre plus exactement le dessin ou le tableau qu'on a entrepris de graver, il faut examiner si le vernis ne se trouve pas égratigné dans les endroits où il ne doit pas l'être, soit par l'effet du hasard, soit parce qu'on a fait quelques faux traits; et lorsqu'on a remarqué ces petits défauts, on les couvre avec un mélange de noir de fumée en poudre et de vernis liquide formé d'asphalte dissous dans de l'essence de térébenthine. Après avoir donné à ce mélange assez de corps pour qu'il couvre les traits qu'on veut faire disparaître, on l'applique avec des pinceaux à laver ou à peindre en miniature.

Morsure à l'eau-forte. L'eau-forte dont on doit se servir n'est pas la même pour le vernis dur et pour le vernis mou.

Quand on veut mettre l'eau-forte sur la planche dans le vernis de laquelle on a gravé le dessin, on commence par border la planche avec de la cire, afin qu'elle puisse retenir l'eau-forte. La cire dont les sculpteurs se servent pour leurs modèles est très propre à cet usage. On l'amollit assez aisément en la maniant, si c'est en été; si c'est en hiver, on l'amollit au feu. Avec cette cire ainsi ramollie, on fait autour de la planche un bord haut de 2 à 3 centimètres, en forme de petite muraille; en sorte qu'en posant la planche à plat et bien de niveau, et versant ensuite l'eau-forte, elle y soit retenue par le moyen de ce bord de cire, sans qu'elle puisse couler ni se répandre. On pratique à l'un des coins de cette petite muraille de cire une gouttière ou petit canal, pour verser plus commodément l'eau-forte.

La planche étant ainsi bordée, on y verse l'eau-forte affaiblie au degré convenable, jusqu'à ce qu'elle en soit couverte de 8 à 10 millimètres. Quand on juge que l'eau-forte a agi suffisamment dans les touches fortes, et qu'elle commence à faire son effet sur les touches tendres (ce qui est facile à connaître en découvrant un peu le cuivre avec un charbon doux), on verse l'eau-forte dans un pot de faïence, et l'on remet tout de suite de l'eau commune sur la planche, pour ôter et éteindre ce qui peut rester d'eau-forte dans la gravure.

La morsure se fait le plus souvent à plusieurs reprises, et à chaque fois le graveur recouvre de vernis mou les parties qui doivent être peu attaquées, dont les tailles doivent être peu profondes.

Pour ôter le vernis de dessus la planche, après que l'eau forte y a fait tout l'effet que l'on désire, on se sert d'un charbon de saule, que l'on passe sur la planche en frottant fortement, et en mouillant d'eau commune ou d'huile la planche ou le charbon.

Lorsque le vernis est ôté de dessus la planche, le cuivre demeure d'une couleur désagréable, qu'on fait aisément disparaître en la frottant avec un linge trempé dans de l'eau mêlée d'une petite quantité d'eau-forte. Ensuite, après l'avoir essuyée avec un linge sec et chaud, on l'arrose avec un peu d'huile d'olive; on la frotte de nouveau assez fortement avec un morceau de feutre de chapeau, et enfin on l'essuie avec un linge bien sec.

Parmi les nombreuses recettes d'eaux-fortes, nous nous contenterons de signaler les suivantes :

Acide nitrique.	1 partie.
Eau.	2 parties.
Nitrate de cuivre. . . .	60 gram. par litre.

Pour une action moins énergique :

Acide nitrique.	1 partie.
Eau.	4 parties.

L'eau-forte employée par Callot pour terminer la planche après l'action de l'eau-forte, afin d'en foncer et d'en terminer les parties délicates, se compose de :

Fort vinaigre. .	8	parties
Vert-de-gris. .	4	—
Sel ammoniac. .	4	—
Sel marin. . . .	4	—
Alun.	1	—
Eau	16	—

Planches d'acier. L'acier se grave à l'eau-forte comme le cuivre, et ce genre de planche présente l'avantage de pouvoir supporter des tirages beaucoup plus considérables. Le mordant seul diffère. Nous rapporterons les composés suivants :

Eau distillée. .	15 parties.
Alcool. . . .	2 parties.
Acide nitrique. .	1 partie.
Nitrate d'argent.	1 gram. par litre du mordant.

Le mordant de Turrell, artiste anglais, pour la gravure à l'eau-forte sur acier, est préparé comme il suit :

Prenez :

Acide pyro-ligneux.	4 parties.
Alcool.	1 partie (mêlez et ajoutez).
Acide nitrique. . .	1 partie.

Cette liqueur mélangée doit être appliquée de 1 1/2 à 15 minutes, selon la profondeur désirée.

M. Deleschamps, dans son excellent *Traité de la gravure*, a établi théoriquement, d'une manière très nette, les conditions auxquelles doivent satisfaire les mordants. Nous en extrayons ce qui suit :

« Le problème à résoudre était celui-ci : obtenir une morsure à la fois nette et profonde, sans élargir sensiblement les tailles, sans ronger les parties latérales.

« Pour résoudre ce problème, nous nous sommes fondé sur la théorie physique et chimique que nous allons exposer.

« Nous avons pris un mélange de trois substances : l'une de ces substances dont la pesanteur spécifique est la plus considérable, est le principe le plus agissant, c'était de l'*acétate d'argent*; la deuxième est le principe non agissant, c'était de l'*éther nitreux hydraté*; enfin, le troisième est le principe revivifiant, c'était de l'*acide nitreux*.

« Aussitôt que le mélange de ces trois corps se trouve en contact avec les parties découvertes des planches métalliques, l'acétate d'argent, ou corps agissant, qui n'entre que pour un centième dans la dissolution, se précipite dans la partie inférieure de la taille, où il exerce une action très prompte et très énergique. Les quatre-vingt-dix-neuf parties supérieures de la même taille, étant occupées par l'éther nitreux, se trouvent garanties par sa présence. Ainsi, pendant l'action de la morsure, voici le phénomène qui a lieu :

« L'acétate se trouve précipité au fond des tailles; et par la grande facilité de sa réduction, lorsqu'il est en contact avec certains métaux comme l'acier, le cuivre et les alliages de celui-ci, il les creuse graduellement en profondeur, et se trouve revivifié successivement par l'acide nitreux pour que l'action de la morsure continue.»

Voici la composition du mordant dit *glyphogène*, que M. Deleschamps propose pour la gravure sur acier.

Prenez :	Acétate d'argent. . .	8 grammes.
	Alcool rectifié. . . .	500
	Eau distillée. . . .	500
	Acide nitrique pur. .	260
	Éther nitreux. . . .	64
	Acide oxalique. . . .	4

GRAVURE.

Un contact d'une demi-minute entre le glyphogène et le métal suffit pour produire les tons légers, et le même liquide peut servir deux ou trois fois, si le travail exige plusieurs tons, en évitant toutefois de reverser sur la planche le précipité qui se forme pendant la morsure.

Gravure au burin. Le burin est une petite barre d'acier trempé, dont la section présente, soit un carré, soit un losange plus ou moins allongé. On affûte les burins en dressant sur une pierre à l'huile leur extrémité, suivant un plan plus ou moins incliné sur l'axe, d'où résulte une pointe plus ou moins soutenue formée par ce plan et deux faces du burin. Ainsi, pour la gravure sur acier, l'inclinaison doit être moindre que pour le cuivre; si le bec était trop aigu, le burin s'égrénerait à chaque instant.

La soie du burin s'enfonce dans un manche en forme de champignon, dont on enlève une partie qui empêcherait d'incliner suffisamment le burin.

Il est clair qu'en faisant agir le burin sur la planche de cuivre, on creusera un sillon et on enlèvera un copeau. En levant le poignet le burin s'enfoncera davantage, le trait deviendra plus large; ce sera le contraire en l'abaissant. Enfin, pour les parties circulaires, on trouve souvent avantage à faire mouvoir de la main gauche la planche, pendant que la main droite guide le burin.

On voit que pour graver au burin, soit qu'on fasse entièrement des planches par ce procédé, soit qu'on complète l'effet de l'eau-forte, il faut peu d'apprêt et peu d'outils. Une planche de cuivre rouge bien polie; un coussinet de cuir rempli de son ou de laine pour la soutenir; une pointe d'acier pour tracer; divers burins bien acérés pour inciser le cuivre; un outil d'acier qui a, d'un bout, un brunissoir pour polir le cuivre, et, de l'autre bout, un grattoir triangulaire et tranchant pour le ratisser; une pierre à huile, montée sur son bois pour affûter les burins; enfin un tampon de feutre noirci, dont on frotte la planche pour en remplir les traits, et les mieux distinguer à mesure que la gravure s'avance, sont tout l'équipage d'un graveur au burin, n'ayant besoin d'ailleurs d'aucun autre apprêt, pour préparer sa planche, ni pour la graver: le succès dépend d'un grand goût de dessin pour la disposition, et d'une main sûre et légère pour l'exécution.

Gravure en manière noire. Cette gravure a l'avantage d'être beaucoup plus prompte et plus expéditive que celle en taille-douce. La préparation du cuivre est longue et ennuyeuse, mais on peut se reposer de ce travail sur des gens qu'on aura dressés à cela; il ne s'agit que d'un peu de soin, d'attention et de patience.

Pour cette préparation, on se sert d'un outil d'acier appelé *berceau*, qui est d'une forme circulaire, afin qu'on puisse le conduire sur la planche sans qu'il s'y engage; il est armé de petites dents très fines, formées par les hachures que l'on a faites à l'outil en gravant dessus des traits droits, fort près les uns des autres et très également espacés.

On balance ce berceau sur la planche sans appuyer beaucoup, en sens horizontal, en sens vertical, et en diagonale. Il faut recommencer cette opération environ vingt fois, pour que le grain marqué sur le cuivre soit d'un velouté égal partout et bien moelleux; car c'est de l'égalité et de la finesse des hachures, marquées par l'instrument sur la planche de cuivre, que dépend toute la beauté de cette gravure. C'est cette finesse de hachures en tous sens que l'on appelle grain velouté et moelleux, parce que, si on imprimait avec cette planche ainsi préparée, elle donnerait au papier l'apparence d'un velours de la même couleur que celles qu'on aurait employées pour l'impression.

Cette opération se fait aujourd'hui très bien par procédés mécaniques.

Quand la planche est entièrement préparée, comme nous venons de le dire, on calque son trait sur le cuivre en frottant le papier du trait par derrière avec de la craie; comme elle ne tient pas beaucoup, on peut la redessiner ensuite avec de la mine de plomb ou de l'encre de la Chine.

La gravure se fait en grattant et usant le grain de la planche, de façon qu'on ne le laisse intact que dans les touches les plus fortes. On commence d'abord par les masses de lumières: on va peu à peu dans les reflets; après quoi l'on noircit toute la planche avec un tampon de feutre pour en voir l'effet.

Cette gravure n'est pas propre à toutes sortes de sujets comme celle au burin; ceux qui demandent de l'obscurité, comme les effets de nuit et les tableaux où il y a beaucoup de bruns, sont les plus faciles à traiter. Elle a le défaut de manquer de fermeté, et ce grain dont elle est composée lui donne une certaine mollesse qui n'est pas facilement susceptible d'une touche hardie. Elle est cependant capable de grands effets par suite de l'obscurité qu'elle laisse dans les masses.

Gravure à l'aquatinte. La gravure à l'aquatinte est une espèce d'eau-forte, qui offre un réseau très serré qui s'obtient par une action chimique.

La planche étant vernie, on recouvre avec un pinceau trempé dans un mélange d'huile d'olive, d'essence de térébenthine et de noir de fumée, les parties qui doivent recevoir le grain. Ce mélange dissout le vernis qu'on enlève facilement avec un linge.

Plaçant la planche, ainsi partiellement découverte, dans une caisse dans laquelle on soulève par un soufflet de la résine en poudre très fine, sa surface se trouve recouverte de grains que l'on fixe à la planche en la faisant chauffer un peu. On grave alors à la pointe, puis on fait mordre à l'acide, et, par la répétition de ces opérations, on obtient la gravure et les effets de tons foncés qui sont le propre de ce genre de gravure.

Gravure de la musique. On se sert pour cette gravure, de planches d'étain de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, planées, polies et préparées par le potier d'étain. Le graveur les reçoit ainsi prêtes à être gravées.

Il prend d'abord ses mesures pour déterminer la quantité de *portées* qu'il veut mettre sur la planche (on appelle *portées* les cinq lignes ou barres sur lesquelles on écrit les notes de musique); ensuite il prend la mesure des distances de ces lignes, et les pique de la pointe du compas.

Si l'on doit graver des paroles sous la musique, c'est par là qu'il faut commencer: l'on trace d'abord deux petites lignes très légères pour déterminer la hauteur des lettres; ensuite l'on trace de même les distances des lettres et des paroles, relativement à la quantité de notes de musique que l'on doit mettre sur chaque syllabe.

La planche étant ainsi préparée, on grave les lignes des portées avec un instrument appelé *couteau*, que l'on conduit le long d'une règle de fer ou de cuivre; ensuite, avec un instrument à trois quarres, appelé *grattoir*, l'on ébarbe ces lignes, après quoi on les polit avec un autre instrument d'acier très poli, que l'on appelle *brunissoir*. Cela fait, l'on pose la planche sur un morceau de pierre ou de marbre pour y frapper aux endroits convenables toutes les différentes figures de la musique, que l'on appelle *clefs*, *noires*, *croches*, *rondes*, *blanches*, *dièzes*, *bémols*, *bécarres*, *soupirs*, *demi-soupirs*, les *signes des renvois*, et même le *point*.

Toutes ces notes, ou figures, se frappent avec des poinçons, au bout desquels elles sont gravées en relief.

Le poinçon avec lequel on frappe la tête de la *noire*, sert aussi pour toutes les têtes de *croches et doubles croches*, etc., dont la figure ne diffère de celle de la *noire*, que parce qu'elles ont au bout de leur queue un crochet simple ou double, triple, etc. Le poinçon de la

ronde sert de même pour frapper la *blanche*, qui ne diffère de la *ronde* qu'en ce qu'elle a une queue dont la ronde est privée.

Quand une note passe les cinq lignes gravées, on reprend, avec le compas, un entre-deux de ces lignes, que l'on reporte en haut ou en bas, autant de fois que la note qu'il s'agit de placer a d'intervalles au-dessus ou au-dessous.

Lorsque toutes les têtes des notes, et les autres figures, sont frappées, on plane la planche sur une espèce d'enclume ou tas très poli, pour la redresser, et rendre plus nettes et plus unies toutes les figures qui ont été frappées. Les queues des *noires*, *blanches*, *croches*, et *doubles croches*, se gravent avec le burin. Si plusieurs *croches* ou *doubles croches* sont liées ensemble, pour lors on se sert d'un instrument appelé *échoppe* pour graver les barres qui les lient ensemble. Les *pauses* et *demi-pauses* se gravent aussi avec l'*échoppe*. Certains demi-cercles, que l'on appelle *liaison*, se font avec le burin. Les *accolades* que l'on emploie pour joindre deux ou trois *portées* ensemble, et quelquefois plus, se gravent avec l'échoppe.

Toutes ces opérations étant faites, on polit la planche avec le brunissoir et un peu d'eau, pour effacer tous les petits traits ou rayures qui peuvent y avoir été faits par ces différentes manœuvres, et qui empêcheraient la netteté de la gravure si on les laissait subsister; ensuite on envoie la planche chez l'imprimeur en taille-douce, qui en tire une épreuve. Si, en examinant cette épreuve, il se trouve quelques notes, principalement des têtes de noires, blanches, ou autres figures, qui aient été frappées mal à propos, on prend un compas, que l'on appelle *compas à repousser*, dont les deux pointes sont retournées en dedans, et se rejoignent ensemble. On pose une pointe de ce compas sur la fausse note, et de l'autre pointe on fait une marque à l'envers de la planche; ensuite on repousse cette note par l'envers avec un poinçon. Cette opération occasionne dans cet endroit de l'envers de la planche un creux assez considérable pour être obligé d'y faire couler de la soudure; ce que l'on fait en plaçant une chandelle allumée sous la planche, à l'endroit de la faute à corriger; et à l'envers de la planche, on place un morceau de soudure sur le petit creux : aussitôt que la soudure est fondue, on ôte la lumière promptement; ensuite on plane cette place d'un côté et de l'autre, après quoi on y frappe la note telle qu'elle devrait être, et enfin on la plane de nouveau. Si la faute ne consiste qu'en une queue de note qui n'ait point été gravée profondément, il suffit, après l'avoir grattée avec le *grattoir*, de repousser à sa place l'envers de la planche avec le marteau, pour y graver ensuite la figure telle qu'on la désire.

Il y a quelques anciennes musiques gravées sur cuivre ; mais l'ouvrage est plus long à faire, plus difficile à corriger, et la dépense des planches est beaucoup plus considérable.

Machine à graver. Conté a inventé une machine à graver avec laquelle on fait avec la plus grande régularité des séries de lignes parallèles également espacées, comme cela est nécessaire pour les ciels des grandes gravures. Elle se compose essentiellement d'une règle ou d'un cylindre portant des ondulations que l'on fait mouvoir au moyen d'une vis de rappel d'un mouvement parfaitement régulier, et d'une pointe (en diamant, pour qu'elle ne puisse s'émousser), qui trace une ligne le long de cette règle.

Machine de M. Colas. Une machine dont les produits ont beaucoup attiré l'attention publique dans ces dernières années, est celle au moyen de laquelle M. Colas a reproduit, gravés en taille-douce, sur une planche d'acier ou de cuivre, les effets de relief ou d'enfoncement d'une médaille ou d'un bas-relief. Cette machine n'a pas été décrite, voici à peu près comment on peut concevoir son action d'après les résultats obtenus.

Qu'on suppose une plate-forme horizontale, susceptible de marcher, de quantités quelconques, mais égales, au moyen d'une vis à tête graduée, et à l'extrémité de celle-ci une plate-forme douée des mêmes propriétés, mais perpendiculaire au plan de la première, les mouvements des deux plates-formes étant d'ailleurs liés de telle manière que le mouvement imprimé à l'une entraîne celui de l'autre. Plaçons maintenant entre les deux plates-formes un chariot pouvant se mouvoir parallèlement aux plans de ces deux plates-formes, et armé de deux branches, dont l'une, horizontale, sera perpendiculaire à la plate-forme verticale, et dont l'autre, verticale, sera perpendiculaire à la plate-forme horizontale, la première portant une touche et la seconde un burin ou une pointe de diamant. Supposons enfin qu'outre son mouvement de translation parallèle aux deux plates-formes, le chariot puisse facilement se mouvoir dans une direction perpendiculaire à la plate-forme verticale, et nous aurons la matérialisation du principe constitutif de l'ingénieuse machine de M. Colas.

Fixons maintenant sur la plate-forme verticale le bas-relief à représenter; fixons aussi sur la plate-forme horizontale la planche de cuivre ou d'acier qui doit recevoir l'action du burin ou de la pointe du diamant, et amenons les plates-formes dans une position relative telle qu'en faisant marcher le chariot, la touche parcoure le bord extrême de l'un des côtés du bas-relief. Si ce côté est un plan, la touche et le burin se mouvront en ligne droite, et une ligne droite sera tracée sur la planche. Le déplacement des deux plates-formes, au moyen de la vis de rappel qui les commande, permettra de tracer sur la planche une seconde ligne droite parallèle et à une petite distance de la première, puis se succéderont autant de lignes droites que le comporteront l'écartement régulier donné aux lignes à tracer et la grandeur de la surface plane parcourue d'abord par la touche, qui, enfin, parviendra aux parties sculptées du bas-relief. Alors la touche sera repoussée par les saillies et pénétrera dans les cavités de la sculpture, circonstance qui fera tracer au burin une ligne ondulée pour les portions correspondantes aux saillies et aux dépressions du bas relief, et droite pour les portions entièrement planes. Les lignes suivantes parcourues par la touche sur les portions voisines du bas-relief, déterminent d'autres ondulations dans les lignes correspondantes tracées par le burin, et comme ces ondulations ne seront autre chose qu'une projection géométrique d'un certain ordre, sur un plan des saillies et des dépressions du bas-relief, la juxtaposition d'une série de coupes successives, il en résultera une image du bas-relief.

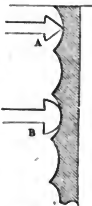
L'invention de M. Colas, très remarquable au point de vue de l'art, offre un grand intérêt pour la fabrication des billets infalsifiables, en tant que copie par la gravure.

En effet, qu'on soumette à la machine de M. Colas un bas-relief dont on ait enlevé irrégulièrement quelques parties, et qui fera par suite un type unique, on pourra reproduire ce bas-relief sur un billet, recouvert ainsi d'une quantité indéfinie de lignes variant d'écartement et d'intensité, et qu'aucun travail de gravure ne saurait reproduire avec une exactitude suffisante pour tromper l'œil le moins exercé.

Tour à guillocher. Un des instruments les plus employés pour obtenir par action mécanique des ornements et décorations, est le tour à guillocher, très employé dans l'orfévrerie, l'impression sur étoffe, etc. Nous prendrons pour exemple de l'application de cette curieuse machine le tour à guillocher employé pour la gravure des rouleaux, et qui diffère d'un tour ordinaire

en ce que le rouleau peut se mouvoir suivant son axe en même temps qu'il tourne.

Alors si l'on place à l'une des extrémités une roue qui porte une *rosette festonnée* (dont la fig. 1107 *bis* représente un élément), en raison de la nature et du nombre des sinuosités que l'on veut produire, un ressort ou contre-poids pressant sur l'autre extrémité du cylindre pour le rapprocher de la rosette, tandis qu'une *touche* A qui s'appuie sur celle-ci l'en éloigne plus ou moins brusquement, selon la profondeur de ces échancrures, la forme de sa propre tête, terminée tantôt en pointe, tantôt en courbe. Ainsi, par exemple, si l'extrémité de la touche se termine en pointe A, le feston de la rosette se reproduira sur le cylindre en lignes perpendiculaires formant zigzags; si au contraire cette extrémité se termine par une courbe B, alors plus le rayon de cette courbe se rapprochera de celui de la rosette, plus le feston toujours régulier se rapprochera de celui de la rosette.



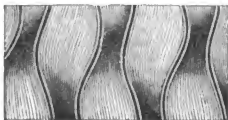
1107 *bis*.

Pour compléter ce genre de gravure pour l'impression des étoffes, pour en obtenir des traits plus ou moins creusés (ce qui produit des ondulations, genre fort à la mode dans ces derniers temps), et surtout pour réserver des sujets en blanc, condition nécessaire pour imprimer en plusieurs couleurs, on a employé un *sauteur* ou *patron*. On appelle ainsi un petit cylindre en bois sur lequel le dessin que l'on veut obtenir est gravé en relief, avec des parties creuses plus ou moins profondes. Ce cylindre est fixé à l'une des extrémités de celui qu'il s'agit de graver et en reçoit le mouvement. Pendant que ce mouvement a lieu, une pointe, placée perpendiculairement à l'axe, et qui frotte sur la surface du petit cylindre, s'enfonce dans les traits gravés en creux, est relevée par ceux qui sont en relief, et communique ces mouvements au burin avec lequel elle est attachée au moyen d'un levier; en sorte que ce burin, tantôt en s'enfonçant plus ou moins dans le cylindre, y produit des traits plus ou moins profonds, tantôt, ne le touchant pas, y réserve des parties blanches.

Enfin ce genre de gravure a été complété par l'emploi du *pantographe*, à l'aide duquel une figure donnée est augmentée ou diminuée à volonté.

Ce que nous venons de dire pour le guillochage des cylindres, s'applique également à des surfaces plates ou de forme quelconque. Le problème est toujours de trouver une *rosette correspondant à une courbe donnée*, problème dont nous avons indiqué la solution générale dans notre *Traité de Cinématique*.

Il est facile de comprendre les ressources infinies que l'industrie retire d'un moyen de couvrir une surface métallique de traits soumis à une certaine loi. La figure 1107 *ter*, empruntée à M. Persoz, montre tout le


1107 *ter*.

parti qu'on peut en tirer pour l'impression des étoffes, comment on obtient mécaniquement les teintes dégradées, les effets dominants qui forment les fonds, et qui viennent se joindre à des rentrures produites par des rouleaux gravés par d'autres procédés.

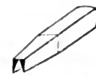
Comme tous les procédés de gravure, le tour à guillocher peut servir à enlever seulement un vernis appliqué sur la surface. Le dessin obtenu, complété à la main ou par d'autres procédés mécaniques, peut être passé à l'eau forte et donner par suite une série de traits gravés plus ou moins profondément, en raison de la durée de l'action et de la force de l'acide.

Gravure au poinçon. La gravure au poinçon, la production d'un creux de forme déterminée par l'enfoncement à l'aide d'une percussion d'un poinçon d'acier trempé, dans un métal malléable, est un des procédés les plus importants des arts d'ornement. Nous citerons parmi les arts qui emploient ces procédés, l'orfèvrerie, qui l'a employé la première, la bijouterie, la fabrication des rouleaux pour toiles peintes, la fabrication des boutons, et enfin la typographie. Nous allons décrire en détail cette dernière application, dont les procédés, pour ce qui est du travail et de la trempe de l'acier, ne peuvent être différents de ce qu'ils sont dans les diverses applications. Nous reviendrons sur celle-ci en traitant des industries auxquelles ils s'appliquent, et notamment à propos de l'impression sur étoffes nous parlerons de la mollette, ce genre de gravure d'un fort cylindre de cuivre par un petit cylindre en acier, par roulement sous une forte pression, qui est une des plus belles conquêtes de la gravure sur acier, une application bien précieuse du principe de reproduction, qui rend si importante pour les progrès de l'industrie tous les procédés des arts d'imitation dont nous traitons ici.

GRAVURE EN TYPOGRAPHIE. S'il est un fait bien certain pour toutes les personnes qui ont étudié la typographie, c'est que celle-ci n'a été réellement inventée, n'est passée à l'état d'art mécanique, que le jour où les procédés de la fonderie en caracteres ont été créés. Que l'on réfléchisse à l'immense travail qui serait nécessaire pour graver les caractères qui forment une seule feuille, pour dresser toutes les tiges, afin qu'elles remplissent toutes les conditions que nécessite la composition (voyez IMPRIMERIE), et on concevra que ce travail serait très coûteux et d'une exécution presque impossible? Aussi paraît-il que Guttenberg fut arrêté longtemps par cet obstacle, qui ne fut levé que quand Schœffer, initié déjà comme orfèvre à l'emploi du poinçon d'acier, eut inventé la fonderie.

Cet article est destiné spécialement aux procédés de la gravure du poinçon d'acier, servant à produire par son enfoncement dans le cuivre le creux ou matrice nécessaire à la FONDERIE, seul moyen de faire un creux en cuivre dont le fond soit parfaitement pur, jusqu'à l'invention de la galvanoplastie, en même temps que la résistance de l'acier permet seule d'obtenir des fins très déliés, des parties très délicates.

1108.





1109. 1107.

Le travail du graveur, que ni le fondeur ni l'imprimeur ne peuvent modifier et qu'ils peuvent seulement reproduire, exige par cela même le plus grand soin.

Des poinçons et contre-poinçons. Le poinçon est une tige d'acier de 4 à 5 centimètres de longueur. Sur une extrémité est gravée la figure d'un caractère (fig. 1107), l'autre étant arrondie. Le poinçon doit représenter

la lettre retournée, car, par suite des deux opérations qui suivent la gravure, le caractère servant à l'impression étant disposé dans le même sens que le poinçon, il est bien clair que l'impression produit un retournement, qui donnera par suite le caractère imprimé dans son véritable sens.

Le contre-poinçon est une petite tige d'acier de 2 centimètres au plus de longueur (fig. 1108). Son extrémité aigue doit avoir la forme des parties évidées de la lettre qu'on doit graver et est destinée à les former par percussion.

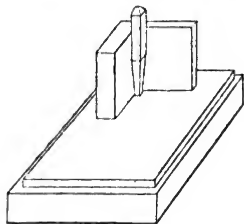
Ce qu'il faut d'abord considérer avant de procéder à la gravure est de choisir de l'acier de bonne qualité, qui prenne bien la trempe sans être sujet à s'égrener.

L'acier fondu Huntzmann satisfait très bien à ces conditions, sa trempe très dure ne laisse courir aucune chance de déformation des traits fins, et occasionne rarement la rupture de quelques parties. Néanmoins il faut prendre de l'acier de cémentation, dit *acier d'Allemagne*, de bonne qualité, pour les gros poinçons, les accolades, etc., qui ont à résister à des efforts plus considérables.

Pour travailler l'acier et l'amener à la forme voulue, le graveur emploie un certain nombre d'outils que nous allons passer en revue.

Pierre à l'huile et équerre, servant à polir la surface du poinçon, à user la partie défectueuse pour lui substituer une surface plus large.

Sur une pierre à l'huile (fig 1110) bien dressée, on



1110.

pose à plat une forte équerre en fer, ayant environ 3 centimètres de hauteur. Les faces qui reposent sur la pierre sont d'équerre avec les faces intérieures (qui sont elles-mêmes d'equerre entre elles).

Le poinçon étant un peu dégrossi à la lime tant à la surface sur laquelle doit être tracé l'œil de la lettre qui est dressé plat, que sur deux faces du poinçon amenées à être assez sensiblement d'équerre (l'acier en barres est le plus souvent ainsi en sortant du magasin du marchand); ces faces sont toujours celles qui sont appliquées au fond de l'équerre, afin que le poinçon se trouve toujours dans la même position.

Le poinçon étant donc placé dans l'équerre et y étant assujetti et en même temps pressé sur la pierre, par le pouce de la main qui tient l'équerre, est promené sur la pierre jusqu'à ce que sa surface soit bien polie.

Quand quelque imperfection dans la gravure, quelque tracé défectueux aura été fait sur la surface du poinçon, en le replaçant dans l'équerre, la surface portant bien à plat, dans la position identique à celle de cette première opération, la surface sera usée et diminuée également de manière à offrir une nouvelle surface ayant les traits du premier travail suffisamment engraissés pour qu'on puisse le reprendre de nouveau et faire disparaître le défaut reconnu.

Petite équerre. Les graveurs emploient une petite équerre à arêtes très fines pour vérifier l'angle formé par les jambages des lettres avec leurs traits horizontaux, qui doit être parfaitement égal à un angle droit, afin que les traits formant une ligne horizontale, les jambages soient verticaux, ce qui est la première et la plus importante condition du caractère romain.

Outils tranchants et limes. Les limes servent à dresser les parties extérieures du poinçon, et doivent varier de grandeur et de finesse de taille suivant qu'il s'agit d'ébaucher ou de finir. Les burins qu'emploie le graveur sont affûtés *camards* pour ne pas refouler sur l'acier. Pour les parties très fines il est bon d'employer une lame affûtée sous un angle plus aigu, dit *canif* ou *échoppe plate*.

Tas. Le tas employé par les graveurs consiste en une masse de fer, percée d'un trou carré d'environ $0^m,015$ de côté dans lequel on peut placer un poinçon et l'y retenir par des vis placées sur les côtés. Souvent on fait ce tas rond par la partie inférieure, de telle sorte qu'en le plaçant sur un coussin percé dans son milieu, il peut servir à manier facilement un gros poinçon placé dans son centre. Cette disposition est souvent employée dans la gravure des grosses vignettes.

Loupe. Tout le travail du graveur est fait avec l'aide d'une loupe à court foyer, qui, augmentant toutes les dimensions, lui permet d'apprécier les moindres différences de graisse, de calibre, etc.

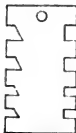
Pointe à tracer. Le graveur emploie la pointe à tracer pour dessiner sur la surface de l'acier les contours du dessin qu'il veut exécuter. Le dessin doit être arrêté avec assez de précision par le graveur, quand il s'agit d'objets un peu compliqués, pour qu'il ne soit pas exposé à recommencer son travail pour avoir enlevé quelque partie du dessin.

Compas. Servant à fixer les dimensions des tracés (fig. 1111).



1111.

Foret. Quelques graveurs emploient peu le contre-poinçon aujourd'hui. Il est en effet souvent assez long à faire, dans certains cas, pour ne donner cependant qu'assez grossièrement le vide qu'il s'agit d'obtenir, et a toujours l'inconvénient de fatiguer l'acier et de rendre les accidents plus fréquents lors de la trempe. Pour s'en dispenser on perce un trou, à l'endroit à creuser, au moyen d'un très petit foret mû par un archet, et on termine le vide à l'échoppe. Quelquefois même on peut se dispenser de cette opération, et après avoir enlevé un peu de matière avec un burin frappé par un marteau, terminer entièrement avec les outils tranchants. On opère toujours ainsi pour les gros caractères.



1112.

Calibre. Le calibre (fig. 1112) est en général un petit morceau de tôle mince, sur les bords duquel on pratique des entailles égales aux hauteurs que doivent avoir les diverses lettres d'un même caractère, et sert à vérifier cette dimension. Si le caractère à graver est penché, on taille suivant cette pente le fond de l'entaille du calibre, afin de vérifier la pente en présentant le poinçon.

Pour éviter de tailler un calibre pour chaque caractère on emploie plusieurs systèmes de calibres pouvant donner toutes les dimensions par un mouvement de vis, dispositions que chaque graveur varie à sa guise. Nous donnerons seulement une idée d'un des plus complets.

Qu'on se représente deux montants traversant de petites barres, glissant parfaitement d'équerre sur eux. Qu'à chacune de ces barres soit fixée une vis ayant son écrou dans une des deux barres transversales qui assemblent les extrémités des montants; il est clair qu'on aura, en faisant marcher les vis, l'écartement voulu entre deux barres quelconques, écartement qui servira de calibre. — Pour l'italique, une barre droite fixée sur un des montants et pouvant tourner à volonté viendra rencontrer les calibres et pourra ainsi fournir l'inclinaison dont on a besoin.

Ce calibre a le défaut d'être lourd et peu maniable; aussi pratiquement se sert-on toujours soit du premier, soit d'un système consistant simplement en un calibre formé de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile au moyen d'une vis de rappel fixée sur la première partie

Travail du graveur. Le mode de travail du graveur au moyen des outils que nous venons de décrire, est maintenant facile à expliquer. Après s'être procuré de l'acier en barres carrées de grandeur convenable et de bonne qualité, il le découpe en longueurs de 4 à 5 centimètres, il fait recuire ces morceaux dans du poussier de charbon pour adoucir l'acier sans le désaciérer.

Dressant ensuite la face sur laquelle il doit graver, d'abord à la lime, puis sur la pierre à l'huile, au moyen de l'équerre, il dessine sur la surface avec la pointe à tracer le contour qu'il doit exécuter.

Il taille alors le contre-poinçon destiné à former les creux du dessin. Le contre-poinçon ne peut être gravé très droit, car il serait trop faible pour résister à la frappe dans l'acier et casserait; aussi n'est-il pas gravé de manière à présenter à son extrémité les dimensions de la surface du creux qu'il doit servir à faire: cette extrémité, au contraire, est aigue pour pouvoir s'enfoncer dans l'acier, et la forme telle, qu'étant enfoncé dans une lame de plomb que le graveur a à côté de lui, le vide de la surface soit celui qu'il s'agit d'obtenir.

Le contre-poinçon étant gravé est trempé très dur, puis enfoncé dans le poinçon avec une masse, il donne tous les creux de la surface, au moins d'une manière assez approchée pour que l'outil puisse facilement achever le travail. La fig. 1109 (voir plus haut) représente le poinçon après l'action du contre-poinçon. Le creux étant fait, on fait l'extérieur du poinçon à la lime, de manière à atteindre par des talus allongés le contour du dessin tracé sur la surface. En cet état le poinçon est ébauché. Pour le terminer, le graveur se servant d'échoppes et de burins pour l'intérieur, de petites limes pour l'extérieur, retouche les parties qui lui paraissent défectueuses, passe au calibre pour vérifier les grandeurs. Si le point convenable est dépassé, il use un peu du poinçon au moyen de la pierre a l'huile et de l'équerre, ce qui engraisse également tous les traits et reprend son travail.

Comme la forme des poinçons est destinée à être reproduite par l'imprimerie, on ne peut mieux juger leur effet qu'en les imprimant. Pour cela, quand le poinçon s'achève, on le passe, après l'avoir bien essuyé, dans la flamme d'une bougie. Il se recouvre de noir de fumée, qui se dépose sur une carte sur laquelle on l'imprime, ce qui permet de bien apprécier sa forme.

Le contre-poinçon donne un creux net et profond, qui évite l'inconvénient que la lettre se remplisse d'encre; aussi les graveurs, qui emploient peu le contre-poinçon, créent difficilement des caractères exempts de ce défaut. Quant aux talus extérieurs, ils doivent être très allongés, afin que le caractère n'engraisse pas par la moindre usure. Cette condition n'est guère remplie que dans les fonderies qui font graver, et n'ont besoin d'obtenir qu'une frappe de leurs poinçons, mais ne l'est que rarement par les graveurs qui vendent des matrices, vu que les poinçons ainsi faits cassent bien plus fréquemment.

De la hauteur des lettres. La détermination de la hauteur des lettres qui doivent former un caractère de calibre est la première chose que doit faire un graveur qui commence son travail. Le caractère doit être fondu sur des prismes ayant une dimension constante, dite *force de corps*, pour tous les caractères d'une même ligne. Le problème à résoudre consiste à déterminer le rapport des lettres longues et courtes relativement à cette grandeur.

Les courtes sont les lettres a, m, c, e, etc.; les longues du haut b, h; du bas p, q, y. Fournier prescrit de diviser en quatre parties la force de corps, et d'en prendre deux parties pour les courtes, et trois pour les longues du haut et du bas. Cette division donne des caractères très petits d'œil, et l'adoption des compactes a mené à adopter pour les courtes un calibre plus grand, mais variable, suivant chaque caractère.

Les lettres de chacune de ces séries devant paraître exactement de la même grandeur, la lettre m étant gravée et le calibre monte sur celle-ci, les autres lettres n, etc. devront être bien justes à ce calibre. Les rondes o, e, c, etc. devront le dépasser quelque peu; car étant terminées par des parties rondes, il faut qu'elles dépassent quelque peu les lettres à traits pour paraître de même grandeur que celles-ci.

De la largeur des lettres. De même qu'on astreint à un même calibre la grandeur de toutes les lettres d'un caractère, il paraît *à priori* devoir être possible d'établir un calibre pour déterminer les largeurs proportionnelles des diverses lettres d'un même caractère; de telle sorte qu'une lettre d'un genre large ou serré étant donnée, toutes les autres pussent se déterminer.

A une époque où l'on n'admettait pas que les parties rondes des lettres pussent être formées autrement que par des arcs de cercle, on essaya à plusieurs reprises de tracer géométriquement les lettres au moyen de subdivisions du carré construit sur la hauteur de la lettre et de cercles tracés dans ces divisions.

On conçoit facilement qu'on ne pouvait tirer aucun résultat de ces constructions compliquées, et jamais les graveurs ne se sont assujettis à de semblables règles; l'œil leur est un guide plus sûr pour faire naître des formes agréables à la vue, condition vraiment essentielle de leur travail.

La règle fondamentale du travail du graveur et du fondeur est de faire en sorte que les jambages des lettres soient espacés régulièrement, que l'intervalle qui les sépare *paraisse* toujours le même, afin d'obtenir la plus grande régularité possible.

Nous disons *paraître*, parce que, pour qu'il en soit ainsi, il ne faut pas souvent que l'égalité des intervalles existe en réalité.

Ainsi l'n et l'u sembleraient devoir être identiquement de même largeur; pourtant l'u doit être une apparence plus serré, surtout du haut, que l'n; de même largeur, il paraîtrait trop large, son ouverture étant en haut et ses traits moins prolongés que ceux de l'n. Ces petites différences presque insensibles ne sauraient être mesurées par un outil, mais seulement par le goût et l'œil exercé du graveur.

On peut poser cependant quelques règles générales :

1° Les lettres à jambages droits, h, n, u, doivent être de même largeur, sauf l'observation que nous venons de faire relativement à l'n; leur écart est un peu plus grand que celui des jambages de l'm.

2° Le vide de l'o, mesuré dans son milieu, doit être une apparence plus grand que l'écart de l'n, pour paraître égal.

3° La rondeur des demi-rondes b, d, p, q, doit paraître exactement égale à celle de l'o du caractère. Or, l'expérience a indiqué qu'une même figure à droite d'un jambage droit doit être une apparence moindre que quand elle est placée à la gauche, pour lui paraître

égale. Ainsi les rondeurs du b et du p devront être tenues un peu moins larges que celles du d et du q.

4° La larme de l'r, le crochet du t, la tête de l'f, devront être tenus aussi rapprochés que possible du jambage droit pour diminuer l'excès d'écart que ces lettres forcent toujours à laisser à la fonte.

5° Les lettres a, s, ont été beaucoup élargies dans les caractères modernes, à l'imitation des Anglais. On leur donne presque la largeur des lettres à deux jambages.

Graisse des caractères. Il est évident que l'épaisseur une fois adoptée pour une lettre d'un caractère, tant pour les jambages que pour les traits, doit être suivie constamment la même pour toutes les lettres composant le même caractère. La seule observation à faire à ce sujet est que les lettres i, l, etc., composées d'un seul jambage, doivent être gravées un peu plus grasses que les jambages de l'n. Sans cette précaution, leur isolement les ferait paraître mesquines et plus maigres que les autres lettres.

De la forme des caractères et des variations que le goût y a introduites. On sait que ce fut Nicolas Jenson, élève de Schœffer, qui, au moyen des deux éléments que lui fournirent les inscriptions romaines, auxquelles il emprunta les capitales, et les manuscrits de l'époque, composa le caractère dit *Romain*. Ce travail, fait avec un grand talent, fut un pas immense. Nicolas Jenson débarrassa les lettres des parties inutiles, et avec un goût sûr réduisit le caractere à la combinaison la plus simple possible de parties droites et de parties circulaires. On conçoit les immenses services qu'a rendus un semblable travail à l'origine de l'imprimerie, en réfléchissant aux inconvénients qu'entraînerait aujourd'hui le changement de lettres qui seraient defectueuses, en rendant presqu'illisibles tous les ouvrages parus jusqu'à ce jour. Le point capital de ce travail fut de remplacer les parties anguleuses des lettres gothiques par des parties circulaires, et les extrémités pointues par des parties carrées; enfin de faire la plupart des changements nécessaires pour ramener à nos lettres la plupart de celles de l'alphabet allemand, qui est le dérivé de l'alphabet gothique.

Les seules modifications dans les formes des caractères qui aient persisté des divers essais tentés depuis un siècle, se réduisent :

1° A la suppression de l'f longue, toujours remplacée par l's courte ;

2° A avoir redressé les traits des lettres m, i, autrefois obliques, ce qui détermine la ligne horizontale du haut des caracteres et en a rendu l'aspect plus agréable.

Le travail des graveurs modernes, qui avec raison ne s'est pas porté vers la modification des formes générales du type romain, a cependant été considérable ; jamais le goût n'avait modifié aussi complétement le dessin des caractères.

Le travail le plus important, celui auquel les Didot ont attaché leur nom, a consisté à forcer l'opposition entre les pleins et les déliés, opposition précieuse, qui réunissant dans la même lettre des déliés extrêmement fins et des pleins assez gras, sans transition brusque, produisent à l'œil cet effet que, par un progrès analogue, l'on a tant apprécié dans l'écriture dite Anglaise, et qui a fait rejeter tous ces genres d'écritures dont on se servait autrefois, la bâtarde, la ronde, etc.

Depuis quelques années, au contraire, la tendance est de tout sacrifier à l'effet général de l'impression ; ainsi on a maigri les pleins et engraissé les traits, pour donner un effet d'ensemble plus régulier et de plus obtenir des caractères bien alignés du haut et du bas qui produisent un effet très agréable, précisément celui qui plaît dans les Elzevirs, à l'imitation desquels on a renforcé les empâtements horizontaux des lettres

Les personnes étrangères à la typographie peuvent entrevoir, d'après ces observations, la tendance du progrès actuel ; car dans la typographie, comme dans tout ce qui est soumis au goût, qui est essentiellement changeant dans tout ce qui est œuvre d'art, il n'est jamais donné à personne d'atteindre la perfection absolue.

Du reste, les besoins tout nouveaux de l'imprimerie, le développement des journaux, des éditions compactes, qui exigent des caractères pouvant faire tenir beaucoup de matières en peu de pages, pour économiser sur les frais de papier et de tirage, a indiqué des voies toutes nouvelles à la gravure, ce qui, en remplissant de nouveaux besoins, a indiqué de nouvelles ressources.

Essayons d'indiquer quelques divisions sous lesquelles on peut grouper les principaux caractères, divisions qui ne sont que des limites entre lesquelles la gravure peut faire naître un nombre infini de variétés.

De semblables divisions ne peuvent s'établir que par rapport à la seule base fixe, qui est la force de corps, la seule chose qui ne change pas, la dimension constante de la tige qui doit supporter des caractères de gravure différente.

1° *Les classiques anciens ;* c'est ainsi que nous nommerons les caractères qui ont servi à faire les éditions de luxe, que l'on a pu faire depuis le commencement du nouveau mouvement de l'imprimerie jusque dans ces derniers temps, et que tout le monde connaît. Le corps est divisé le plus souvent en quatre parties : deux pour les courtes, m, n, etc., et trois pour les longues, b, p, etc. L'o est circulaire à l'intérieur, ou extrêmement voisin de cette forme. Ces caractères composés portant beaucoup de blanc entre les lignes, sont toujours assez gras.

2° *Les classiques anciens gros œil.* Les courtes sont tenues un peu plus grandes que la moitié du corps, et le caractère est tenu plus gras, de sorte que le caractère entier paraît beaucoup plus gros.

Ces divers caractères sont évidemment ceux qui conviennent aux éditions de luxe, dans lesquelles on recherche avant tout la beauté de l'aspect général du livre, dont la lecture ne doit pas être fatigante.

3° *Les poétiques*, ainsi nommés parce qu'ils ont été inventés pour faire tenir le vers alexandrin entier dans une ligne d'un format donné, ce qu'on a obtenu en resserrant toutes les lettres ; l'o se trouve donc oblong dans ce caractère.

4° *Les compactes.* Le désir de faire tenir beaucoup de matière dans un espace donné, qui avait fait imaginer les poétiques, a fait songer à un autre moyen, qui est de raccourcir les queues des lettres longues ; sur un même corps les lettres courtes se trouvent donc grandir d'œil, ou pour la même grandeur d'œil on peut composer avec un corps inférieur, et par conséquent faire entrer bien plus de lignes à la page.

La longueur des minuscules peut alors aller jusqu'à 3/4 de la force du corps, ce qui est une limite extrême. Il est bien certain que la longueur qui reste aux longues est suffisante pour que l'œil n'éprouve aucune incertitude à les discerner ; mais le caractère perd toute grâce et la lecture en devient fatigante.

Aujourd'hui néanmoins (et nous croyons que les nouveaux caractères de la fonderie générale, gravés d'après ce principe, l'ont prouvé pratiquement) le véritable caractère classique est le caractère demi-poétique et demi-compacte, intermédiaire entre les caractères classiques et les compactes. L'œil du lecteur habitué aux éditions compactes, ne désire plus pour les classiques les caractères anciens qui lui paraissent trop petits ; un caractère demi-compacte lui suffit.

Trempe des poinçons. Frappe des matrices. Les poinçons étant terminés par le graveur, il faut leur donner

par la trempe la dureté nécessaire pour pouvoir les enfoncer dans le cuivre sans que les arêtes vives s'émoussent.

Pour cela, on fait un feu très actif de charbon de bois, dans lequel on met une boîte en fer renfermant les poinçons recouverts de poussier de charbon; on active le feu, jusqu'à ce que le fer ait pris une couleur rouge-cerise tournant au rouge-blanc. On saisit alors le poinçon avec des pinces, et on le plonge dans l'eau froide, en n'y entrant d'abord que l'extrémité portant la gravure. On ne pourrait employer le poinçon dans cet état; il se briserait trop aisément, surtout dans les traits fins des lettres, quand on voudrait frapper le poinçon; il faut le faire revenir.

On commence par nettoyer les scories qui ont pu s'attacher aux poinçons, en les frottant avec de la pierre-ponce pulvérisée; puis on les chauffe par le gros bout, soit en le mettant au feu, soit en le plongeant dans une cuillère de fondeur, ce qui est plus commode. Quand on voit l'extrémité prendre une teinte pelure d'ognon, on le fixe à ce point, en le plongeant dans l'eau. Cette opération du recuit rend du corps à l'acier; il reste dur bien que beaucoup moins cassant.

Frappe des matrices. Comme nous l'avons dit, les matrices sont le premier produit de la reproduction du travail du graveur; il peut avec son poinçon frapper un nombre considérable de matrices, dont chacune pourra fondre des millions de lettres. La production de matrices est le but et le résultat du travail du graveur. Ce sont de petits morceaux de cuivre de 2 à 3 centimètres de longueur sur 1/2 centimètre d'épaisseur, et d'une largeur de 7 à 8 millimètres plus grande que la lettre.

On découpe ces petits morceaux dans des planches laminées de cuivre rouge de Suède bien doux, et dans lequel on ne peut rencontrer que bien rarement des grains cristallins qui forment des pailles sur l'œil des lettres. On les chauffe, et on les trempe dans l'eau, ce qui adoucit sensiblement le cuivre.

Il faut après cela le parer, c'est-à-dire polir à la lime douce la surface qui doit recevoir l'empreinte. On la lime en long, en ayant soin qu'elle soit un peu convexe vers le milieu. On passe après la lime un brunissoir qui efface les derniers traits de la lime.

On marque alors avec une pointe à tracer, sur chaque matrice, une ligne à l'endroit où la lettre doit être frappée, à environ 5 à 6 millimètres au-dessus d'une des extrémités.

La frappe des poinçons demande une main sûre et exercée; ce qui a fait dire qu'une matrice bien frappée est à moitié justifiée.

On a devant soi un tas, une masse en fer, sur lequel on place la matrice. On tient dans la main gauche le poinçon dont on a bien nettoyé la surface, et on le présente au milieu du cuivre; là, au moyen d'un marteau qu'on tient dans la main droite, on forme une empreinte peu profonde du poinçon. Si la lettre incline trop à droite ou à gauche, on tourne un peu le poinçon, et on fait une seconde empreinte au-dessus de la première; après celle-là, une autre, toujours en corrigeant la position du poinçon. On arrive ainsi au point où doit être frappée la matrice, et alors on enfonce le poinçon à coups de masse jusqu'à la profondeur nécessaire. On conçoit que si on porte un coup à faux, si on tient le poinçon obliquement, on fait éclater de suite les traits fins des lettres; accident auquel il n'y a d'autre remède que de refaire le poinçon.

La profondeur obtenue par la frappe doit être un peu plus grande que celle qui doit rester après la justification de la matrice; opération qui oblige à en limer la surface et à enlever les bourrelets produits par le refoulement du métal. On s'en assure au moyen de la pointe du justifieur dont nous parlons plus loin.

Les lettres qui portent des accents, comme les voyelles, le ç, etc., après avoir été frappées seules, le sont ensuite avec ces différents signes que l'on adapte au poinçon. Pour cela, on fait à celui-ci une petite encoche de 6 à 8 lignes du côté où l'accent doit exister; puis on grave chaque accent sur des petits morceaux d'acier qui se placent dans cette entaille. On trempe ces accents, qui servent ainsi à toutes les lettres; on les pose successivement sur chaque poinçon, auquel on les réunit au moyen d'un bon fil, dont on a préparé la place par de petites entailles transversales qui l'empêchent de glisser, et on serre fortement.

Frappe des gros caractères. La frappe des gros caractères est plus pénible, parce que la masse de cuivre à refouler, étant considérable, oppose une grande résistance. On frappe alors le cuivre à chaud; mais il ne faut pas le chauffer jusqu'au rouge, parce qu'alors le poinçon le chasserait trop de côté. On trouve avantage à frapper la matrice placée dans une boîte de fer, qui, en empêchant le cuivre de s'écarter, le force à remonter et à remplir le contre-poinçon. Ce procédé suffit pour les lettres de deux points et les gros caractères, jusqu'aux moyennes de fonte à peu près, en remplaçant toutefois le marteau par un balancier d'une force suffisante.

Fournier recommande d'enlever à l'outil la majeure partie du cuivre qui doit faire place à l'acier. Ce procédé n'est plus usité, et pour les très grosses lettres, les grosses de fonte, par exemple, gravées sur acier, on fait fondre la matrice en cuivre jaune, en donnant pour modèle au fondeur une matrice frappée en plomb. On enlève avec un acide étendu d'eau les scories du fond; puis on frappe à chaud le poinçon, qui unit le fond de la matrice.

On a été plus loin, dans ces derniers temps, pour la gravure des grosses lettres d'affiches de dimensions assez grandes pour qu'on les puisse travailler directement. Voici comment on opère.

On moule en argile la lettre dont on a le dessin devant les yeux; on en polit bien la surface; on fait alors cuire ce modèle, que l'on fond en cuivre. Ce cuivre sera donc la matrice non pas parfaite, mais suffisamment ébauchée, et un peu plus faible que le modèle par le retrait de l'argile. On achève alors la matrice avec les outils ordinaires du graveur, et on la corrige, après avoir tiré des essais que l'on compare au modèle. Ce procédé a donné quelques résultats passables; mais depuis que la galvanoplastie est inventée, il est évident que c'est celle-ci qui doit fournir les matrices en cuivre, pour tous les cas où la gravure sur métal à caractères peut suffire pour tracer un modèle convenable. A l'article MATRICE nous parlerons d'un procédé de fonte des matrices, usité surtout pour la bijouterie.

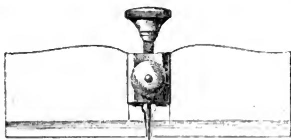
Justification des matrices (1). La matrice frappée, il faut la justifier, c'est-à-dire dresser la face et les côtés pour qu'elle puisse s'adapter convenablement sur le moule. La première condition essentielle consiste en ce que toutes les matrices d'un même caractère doivent toutes être enfoncées de la même profondeur, de manière qu'en les faisant se succéder sur le même moule toutes les lettres se trouvent toutes parfaitement de même hauteur.

On justifie la lettre m au degré de profondeur correspondant à la hauteur qu'on veut donner à l'œil de la lettre, profondeur qu'on prend ordinairement dans une fonderie égale à celle qu'on a déjà pour les caractères de même nature, afin que les mêmes moules puissent servir indistinctement pour ces différentes frappes. On

(1) Nous avons réuni ici la justification et la gravure pour ne pas trop morceler l'exposition des procédés sur lesquels repose la typographie.

fond sur cette matrice, trois m que l'on met sur un petit instrument appelé *justification* (voyez FONDERIE), et entre ces trois m on place successivement toutes les lettres, à mesure qu'on justifie les matrices pour retomber exactement sur la même hauteur. La hauteur s'estime avec une grande précision au moyen d'une petite règle d'acier, dite *jeton*, que l'on applique sur la surface de ces lettres.

Aujourd'hui on ne fait plus cette opération que pour vérifier le résultat définitif du travail. On se guide pour l'aplomb et la profondeur de l'œil, au moyen de la pointe, outil qui consiste dans une petite règle d'acier traversée par une vis terminée en pointe très fine, et qui est arrêtée en une position fixe par un écrou, qui presse sur la vis et la maintient en place (fig. 1114). Le



1114.

mieux est d'avoir deux pointes semblables, l'une fixée à la profondeur exacte qu'il s'agit d'obtenir, l'autre plus saillante. On approche au moyen de la seconde du point qu'il s'agit d'obtenir, et on vérifie avec la première.

Le premier soin que l'on doit prendre avant de dresser la surface de la matrice est de s'assurer si le poinçon a été tenu bien perpendiculaire à sa surface, ce qu'on vérifie au moyen de la pointe descendue jusqu'à toucher un point de l'œil, puis transportée en diverses places, ce qui indique de quel côté il faut enlever du cuivre.

Pour ce qui est de l'alignement, on se contente en général de mettre le pied bien d'équerre avec la surface antérieure. Si on veut que la lettre soit immédiatement de ligne, on vérifie si la lettre, étant bien de hauteur, se trouve en ligne avec les m. Si elle descend, c'est que la partie, depuis l'œil jusqu'au pied de la matrice, est trop grande ; il faut donc en ôter à la lime. Si, au contraire, elle monte, ce qui ne doit pas arriver, on y remédie en refoulant le cuivre sur le bout de la matrice pour l'allonger un peu.

Pour ce qui est de l'approche, on doit ôter du cuivre sur les bords de la matrice pour ôter l'excès de l'épaisseur, de sorte qu'en remplaçant l'm sur un moule où celle-ci soit d'approche, par une autre matrice de la frappe, celle-ci soit aussi d'approche. C'est ce qu'on appelle justifier à registres arrêtés.

On se dispense souvent de justifier ainsi la matrice, mais il faut toujours avoir bien soin que les côtés de la matrice soient parfaitement parallèles aux jambages des lettres, de manière que la lettre soit parfaitement droite. C'est ce que l'on voit en faisant filer la lettre à 3, de la sorte : ≓ ≓ ≓ ; il faut que les jambages forment une ligne parfaitement droite, autrement il faut redresser la matrice ; on y parvient, en ôtant du cuivre d'un côté vers la tête de la lettre, et de l'autre côté vers le pied.

Il n'est pas besoin de dire que ces surfaces doivent être toutes parfaitement d'équerre entre elles, c'est du reste une chose évidente, à la seule inspection du moule, puisqu'elle doit se placer dans des parties qui sont toutes à angle droit entre elles.

Pour ce qui est de la partie postérieure de la matrice, on fait une entaille à peu près vis-à-vis l'œil de la lettre ; la plus petite partie s'appelle le talon de la matrice. Cette entaille sert à fixer l'archet du moule ; ressort qui applique fortement la matrice contre le moule.

On fait encore deux petits crans au haut de la matrice, l'un dessus, l'autre dessous, au moyen desquels on attache avec un fil un morceau de peau que l'on nomme *attache*, et qui sert à empêcher la matrice de tomber chaque fois qu'on ouvre le moule.

On lime le derrière de la matrice qui n'a pas besoin d'être dressé avec soin, de manière à ce que toutes les matrices d'une même frappe soient à peu près de même épaisseur ; puis on passe la lime sur tous les angles afin de les rendre moins vifs, pour que le moindre coup donné sur un de ces angles n'empêche pas quelques faces de la matrice de porter sur quelques parties du moule.

Nous avons dit à l'article FONDERIE, de quelle importance est la justification à registres arrêtés dont nous parlons plus haut, qui a été malheureusement abandonnée en France. Disons pourtant que quant à la partie la plus importante de ce système, la fixité de la ligne, elle est peu avantageuse avec le moule actuel, à cause de l'usure qui se produit en cette partie, qui dérange le travail du justifieur. Il n'en serait plus de même dans un système dans lequel cet inconvénient serait évité.

Machine à justifier. Un habile justifieur, M. Jehl, ancien chef des travaux de la fonderie de M. Didot et de la Fonderie générale, n'a pas craint d'attaquer le problème d'effectuer mécaniquement le travail de la justification. Nous ne pouvons que donner une idée sommaire de cette ingénieuse machine, dont le vrai nom est *tour à justifier*.

Qu'on suppose la matrice placée sur le mandrin d'un tour et fixée, au moyen de vis, dans une boîte dont on peut faire varier l'inclinaison. Au moyen d'une pointe portant par ses extrémités sur le mandrin, on pourra faire mouvoir cette boîte de telle sorte que le fond de la matrice devienne perpendiculaire à l'axe du tour, et, alors, en faisant agir l'outil placé sur le chariot, on dressera la surface parallèlement au fond.

Pour les côtés, la même opération sera faite en donnant, par une règle parallèle au mandrin, une position convenable à la matrice, puis la retournant à plat sur le côté dressé, on fera, avec un support à chariot, la seconde face parfaitement parallèle à la première.

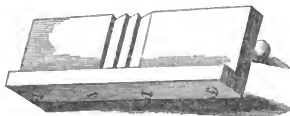
Passant sous silence beaucoup de détails ingénieux de ce curieux outil, nous avons voulu faire apprécier seulement combien il abrégeait le travail des grosses matrices. Pour les petites, il faut toujours mettre l'aplomb et l'équerre d'un côté à la lime ; mais cela fait, le tour dresse les autres faces et termine la matrice avec une grande célérité, permettant d'opérer graduellement et d'enlever beaucoup ou aussi peu de cuivre que l'on désire.

Justification de l'italique. La justification des caractères italiques est aussi aisée que celle des caractères romains, pour ce qui est de la hauteur et de la ligne, mais elle est plus difficile pour ce qui est de la pente. L'œil juge en effet assez aisément si les jambages d'une lettre sont bien perpendiculaires sur la ligne que forment les traits des m, entre lesquelles on la place ; mais il ne peut juger que bien imparfaitement si un jambage oblique a précisément la pente qu'il doit avoir. Aussi les italiques laissent-ils toujours à désirer pour la régularité des pentes, quelque soin que l'on prenne pour corriger les défauts que l'emploi du caractère fait reconnaître.

Nous pensons donc avoir fait quelque chose d'utile en inventant un procédé qui rend géométrique la justification de l'italique, et dont nous avons ti é de

bons résultats. Il consiste à rétablir pour l'italique le procédé le plus exact pour reconnaître la pente du romain, qui consiste à appliquer le jeton sur trois lettres appliquées à plat sur la justification, comme ⊏ ⊏ ⊏, et à voir si le haut de la lettre est en avant ou en arrière de la ligne formée par les trois pointes du bas des trois lettres, ou si les trois jambages ne forment qu'une même ligne droite; auquel cas la justification est parfaite.

On ne peut évidemment avoir la même vérification pour l'italique puisque les lettres sont penchées sur leur corps; mais on y parvient en les redressant. Si l'on fait une justification dont la surface ait la forme représentée fig. 1115, c'est-à-dire dans la face de laquelle sont pratiquées trois entailles bien égales entre elles et bien égales dans toute la largeur de la justification; il est clair que si on place les lettres dans ces angles, les lettres seront redressées de la valeur de ces angles, et que si l'inclinaison des plans sur la surface de cette justification est égale à celle de l'italique sur son corps, il se retrouvera redressé, et les trois mêmes jambages d'une lettre bien justifiée fermeront une ligne droite, comme cela arrivait sur une justification plate, pour le caractère romain.



1115.

Au moyen de cet instrument, les moyens de vérifier la pente d'une lettre qu'on justifie étant les mêmes que pour le romain, il ne reste donc plus qu'à opérer comme nous l'avons expliqué. CH. LABOULAYE.

GRAVURE SUR BOIS. La gravure sur bois est un art dérivant de la sculpture sur bois, art aussi vieux que le monde, qui n'a pris d'importance que le jour où l'on trouva moyen d'en multiplier le résultat par l'impression.

Son emploi pour la gravure des images, et surtout pour les titres de ces images, a fait concevoir la possibilité de l'imprimerie tabellaire, et a ainsi guidé vers des recherches dont est sortie la typographie.

La gravure sur bois et la gravure du poinçon sont des gravures de même nature, ce sont des gravures en relief, qui conservent en saillie les traits du dessin, et dont toutes les parties blanches sont creusées. On pourra donc employer simultanément pour la typographie les ressources de la gravure sur acier, et celles de la gravure sur bois. Ajoutez à cela que l'on a pour la gravure sur bois un moyen de reproduction analogue à celui que donne la fonderie pour reproduire la figure du poinçon (voyez POLYTYPIE, STÉRÉOTYPIE). Cet avantage de pouvoir être multipliée, et par suite de fournir un nombre indéfini d'épreuves, est la cause de la popularité et de l'extension qu'a pris dans ces dernières années ce genre de gravures employé pour les éditions dites *illustrées*.

Le rôle de chacune de ces gravures est bien distinct: la gravure sur acier plus lente et permettant des retouches multipliées convient bien pour la gravure des lettres, quand même la nécessité de frapper des matrices en cuivre ne ferait pas une nécessité de la gravure sur acier. En effet, la résistance de la matière sur laquelle on grave fixe la limite de la finesse des fins; et il est bien évident qu'on pourra amener les traits d'une partie saillante d'acier à un degré de finesse, auquel on ne pourrait amener un bois sans risquer de l'égrener. De son côté, la gravure sur bois bien plus hardie, bien plus rapide, a permis de faire entrer dans l'impression des ouvrages de luxe des figures, qui, tirées en même temps que le texte, en facilitent singulièrement l'intelligence, sans en augmenter démesurément la valeur. Le présent ouvrage en est un exemple.

La gravure sur bois fut inventée ou introduite en Europe vers le commencement du quinzième siècle (1390-1430): il y eut à son apparition un grand cri de douleur et de scandale parmi les amis exclusifs de l'art. On était arrivé, à cette époque, au plus haut degré de perfection dans la miniature et dans l'écriture. Les Bibles étaient ornées de petites peintures fines, où resplendissaient les plus riches couleurs; les lettres, les mots, les lignes élégamment dessinés sur la chair délicate du parchemin semblaient vraiment vivre et parler aux yeux. Les cartes, inventées près d'un siècle avant, sous le règne de Charles VI, n'étaient pas moins admirables; mais les livres de dévotion et les cartes étaient rares, hors de prix, et seulement à l'usage des communautés religieuses, des châteaux et de quelques riches habitants des villes. Tout à coup on vit se répandre avec profusion, dans la bourgeoisie et parmi le peuple, de grossières images de saints rudement esquissées, aux figures contournées et barbares; des rois, des reines de cartes grotesquement croqués et dépouillés de leurs éclatantes robes; c'était la gravure sur bois qui faisait descendre l'art à la portée du plus grand nombre. Bientôt des légendes imprimées à l'aide de lettres taillées en relief, comme les figures sur les blocs de bois, accompagnèrent les gravures pour les expliquer, et de là le besoin de la lecture se propageant peu à peu, mena insensiblement à l'invention des caractères mobiles, et, enfin, a l'imprimerie perfectionnée, qui commença pour la popularité de la science la révolution que la gravure sur bois avait commencée pour la popularité de l'art.

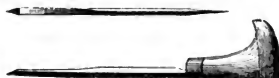
La gravure sur bois, consacrée jusqu'alors à des représentations grossières, devint cependant un art entre les mains d'Albert Durer, né en 1471 à Nuremberg. Ce grand artiste, ami de Raphaël, grava des planches d'une admirable beauté; son estampe de la *Mélancolie*, ses *Vierges* font toujours l'admiration des artistes.

La France a possédé quelques artistes distingués qui se sont livrés avec succès à ce genre de gravure, tels furent Joliet le Suisse, l'Allemand Businck, Boutemont, les Lesueur, et en dernier lieu les deux Papillon. Depuis 1760, époque à laquelle vivait le dernier de ces artistes, la gravure sur bois, pratiquée par des artistes de peu de mérite, fut peu estimée. Elle se faisait sur bois de fil, à l'aide de pointes tranchantes, procédés qui se prêtaient mal à l'exécution de sujets de gravure très fine, comme doivent être ceux à intercaler dans les livres pour les éditions de luxe. Son emploi diminuait chaque jour, lorsque Thompson introduisit en France, vers 1815, la nouvelle gravure sur bois qui était née en Angleterre, et montra tout le parti qu'on pouvait tirer de son emploi pour obtenir les sujets les plus délicats. Ce procédé consistait à graver sur le bois debout par des procédés tout à fait analogues à ceux de la gravure en taille-douce sur cuivre, en profitant de la résistance des fibres dans le sens de leur longueur pour obtenir des traits fins, résistants.

Le graveur sur bois doit avoir au moins six burins et trois échoppes; les burins doivent être repassés sur les joues, de façon à ce qu'elles soient bien plates et bien polies, jusqu'à ce que les coups de lime du fabricant soient entièrement disparus (fig. 1116); ces burins doivent être aiguisés et gradués de grosseur, de manière à produire une teinte dégradée en coupant des tailles l'une près de l'autre.

Alors le graveur, dans la position indiquée par la fig. 1117, commence par tracer avec son burin le plus

fin tous les traits du dessin, à l'intérieur et à l'extérieur, jusqu'à ce que le dessin soit parfaitement découpé; dans les hachures croisées, il peut très finement tracer les hachures principales, et ensuite



1116.



1117.

enlever les losanges : cette manière rend les lignes plus régulières, mais rend aussi la gravure plus sèche; il est donc préférable d'employer un moyen plus lent, il est vrai, mais qui donne des tons plus moelleux et plus doux; il consiste à tracer chaque losange en entrant le burin dans un angle du vide des hachures de manière à en couper la moitié, puis reprenant par l'angle opposé on coupe l'autre moitié et on fait sauter le bois Lorsque la gravure est ainsi tracée, on prend une échoppe ronde, et avec le secours du support, qui est un petit morceau de bois plat et poli, qu'on place comme point d'appui sous le dos de l'outil, on trace un fossé assez creux le long du sillon fait par le tracé, en évitant de laisser la moindre aspérité de bois qui puisse nuire à l'impression; ensuite on n'a plus qu'à enlever les grands blancs avec une gouge et un maillet. Alors seulement la gravure est terminée; on encre le bois avec un tampon, puis appliquant un morceau de papier de chine et le frottant avec un brunissoir ou un couteau à papier, on en tire une épreuve qui indique si le travail est achevé ou s'il y a des retouches à faire.

C'est ainsi qu'ont été faits nos plus beaux livres illustrés, tels que le Molière et le Don Quichotte (fig. 1118), dessinés par Tony Johannot, et graves par Porret, qui sont assurément nos plus belles illustrations en gravures d'épargne ou de tailles-fermes, ainsi appelées à cause du soin que prenait le graveur de ne rien omettre ni ajouter, afin de rendre fidèlement le fac-simile du dessin.



1118.

Un autre genre de gravure sur bois, que l'on pourrait appeler le genre classique, pratiqué le plus souvent par Thompson, et qui offre peut-être plus de difficultés sous le rapport artistique, consiste à graver les dessins lavés ou estompés; c'est dans ce travail que le graveur en bois approche le plus du graveur en taille-douce. Les moyens ne sont pas tout à fait les mêmes que dans la gravure d'épargne; le graveur doit avoir, outre ses burins, des langues de chat (fig. 1119) qui doivent être repassées comme nous l'avons dit pour les burins, et dont le nombre doit être de huit à dix, mais graduées





1119.

avec tant de soin qu'en faisant une teinte dégradée on ne puisse s'apercevoir du changement d'outil. Ainsi un graveur a un dessin représentant la fig. 1120, il



1120.

commence par baisser avec une échoppe plate tous les bords extérieurs de son ciel, ainsi que tous les traits isolés et fins; il a soin de les baisser de façon à avoir une pente douce et sans côtes; ceci évite à l'imprimeur une partie de la mise en train, et est un moyen excellent pour la conservation des bois. Alors le graveur fait son ciel, en ayant soin de changer d'outil à chaque ton différent, ensuite il prend le fond du paysage et arrive successivement aux premiers plans, en ayant soin de changer son travail à mesure qu'il représente des objets différents, afin que chaque chose soit bien distincte et que les travaux ne puissent se confondre. Dans ce genre de gravure on n'emploie guère que les langues de chat; le résultat de ce travail est infiniment plus doux que le travail exécuté par le burin, qui, lui, est plus convenable pour les figures et le croquis, sa coupe étant plus vigoureuse. Dans ce genre de gravure nous pourrions citer nombre d'artistes qui se sont distingués en France : Andrew, Brevière, Godard, Hébert, Gusman se sont fait une juste réputation d'habileté. Les gravures des machines qui demandent une grande fermeté de main se font également par ce procédé et doivent être rangées dans le genre classique. PÉGARD.

GRAVURE EN RELIEF SUR MÉTAUX PAR LES ACIDES. De nombreux essais ont été tentés pour obtenir la gravure en relief avec la même facilité qu'on exécute la gravure en taille douce par l'eau-forte. *A priori* la chose paraît facile à obtenir. Ainsi en vernissant la planche, décalquant le dessin et enlevant à l'outil les parties placées entre les traits (procédé Carez), ou plus simplement dessinant avec un vernis liquide (procédé Dembour), et faisant mordre à l'acide, on creusera les intervalles du dessin et on obtiendra en relief les lignes destinées à le former. Mais, outre que ces deux procédés permettent difficilement d'obtenir une grande pureté de lignes, le premier parce qu'il sera plus difficile de conserver le vernis en

lignes fines que d'obtenir celles-ci sur le bois dont les fibres offrent de la résistance; le second parce que le vernis assez liquide pour couler de la plume, s'étendra quelque peu sur la planche; on rencontre dans la morsure de l'acide un inconvénient énorme, c'est qu'il ne peut creuser un peu profondément sans fouiller en dessous des traits et les ronger.

Quelques artistes cependant ont obtenu des résultats assez satisfaisants par une habileté de main qui leur permet de recouvrir de petit vernis le talus des tailles après la morsure de l'acide, soit au pinceau, soit avec un rouleau; mais ce travail est long et d'un emploi difficile. De nombreuses recherches n'ont amené beaucoup d'artistes qu'à considérer comme impossible, d'une manière commerciale, la solution du problème de la gravure en relief, vu la profondeur des entre-tailles qu'exige la typographie.

La résistance du cuivre qui rend très lente et par suite coûteuse la gravure de ce métal, par suite surtout du travail nécessaire pour enlever le métal dans les grands blancs, est cependant avantageuse pour les gravures qui exigent une grande pureté de lignes; les dessins géométriques, par exemple, parce que cette résistance permet des retouches multipliées pour amener le trait comme cela a lieu pour le bois. Or, il est facile de concevoir un outil qui creuse très rapidement ces grands blancs; tel serait une petite fraise verticale mue avec une grande vitesse, qui permettrait d'enlever les intérieurs avec beaucoup de facilité et d'approcher très près des contours du dessin.

M. Claudet est inventeur d'une machine qui satisfait aux conditions de ce problème d'une manière très satisfaisante. Il a déjà gravé par son procédé, qui ne nous est pas connu, les figures en relief sur cuivre de plusieurs importantes publications. Les figures de cet article, relatives à la gravure en typographie, ont été gravées sur cuivre par ce procédé.

Nous devons parler d'un procédé qu'a inventé M. Fizeau, et qui, bien qu'appliqué à la taille-douce, a vraiment pour but de donner du relief, et doit s'appliquer à ce genre de gravure. Cherchant à obtenir la gravure des images fournies au daguerréotype, M. Fizeau a reconnu que les tailles ne pouvaient être creusées qu'à une très faible profondeur par l'acide, autrement les parties blanches fort peu préservées s'attaquaient aussi. Il a imaginé de remplir les tailles de noir par le procédé de l'imprimeur en taille-douce, puis de dorer par action chimique la surface libre; ce qui augmente d'autant la profondeur relative des tailles et par suite le relief des parties saillantes.

Gravure sur pierre lithographique. Les difficultés de la gravure en relief paraissent devoir être beaucoup moindres quand on opère sur la pierre lithographique. Le dessin lithographique obtenu avec un crayon gras pénètre un peu la pierre; il préservera donc les traits de l'action de l'acide, surtout en l'employant à appliquer un vernis, et à servir de véhicule pour faire pénétrer la matière grasse dans la pierre.

C'est sur cette propriété qu'est basé le procédé de M. Girardet. Il compose un vernis, qui adhère fortement à la pierre, et formé de : cire vierge, 2 parties; poix de Bourgogne et poix noire, de chaque 1/2 partie; poix grecque ou spalt, 2 parties. Cette dernière substance est ajoutée aux autres fondues et mélangées; puis le mélange est versé dans l'eau tiède, malaxé et réduit en boules, que l'on dissout dans l'essence de térébenthine pour obtenir le degré de liquidité convenable.

Le dessin tracé, on encre avec ce vernis; puis, bordant la pierre avec de la cire, on fait mordre l'acide composé d'eau et d'acide nitrique en petite quantité; après cinq minutes, on retire l'acide, et on passe le vernis avec le rouleau, puis encore l'acide.

Le danger que l'acide ne creuse en dessous, ce qui empêcherait le moulage et la reproduction des pierres, ne permet pas que l'on obtienne dans les grands blancs un vide suffisant par ce procédé. M. Tissier, qui seul exploite aujourd'hui commercialement la gravure sur pierre par les acides, est arrivé à creuser la pierre par échelons, en éloignant ainsi l'action de l'acide des traits, et par suite sans détruire le dessin une fois formé.

L'infériorité des produits de la gravure sur pierre, relativement à ceux de la gravure sur bois, tient surtout à ce que le dessin fait sur pierre lithographique avec un crayon mou ne saurait comporter la finesse de traits qu'on obtient avec le crayon dur sur le bois. C'est surtout à changer ce point de départ qu'il faudrait parvenir. Mais en tous cas les gravures obtenues chimiquement, formées de traits mordus sur les contours, ne pourront jamais avoir de valeur artistique comparable au produit du burin d'un habile artiste qui apporte à chaque partie du dessin le soin convenable en raison de son degré d'importance.

Gravure de pierres fines, cachets, etc. L'artiste commence par modeler en cire sur un morceau d'ardoise les figures qu'il veut graver; puis il fait choix d'une pierre fine taillée par le LAPIDAIRE; ensuite, il met en mouvement le *touret*, qui consiste principalement en une petite roue d'acier, laquelle est mise en mouvement par une autre grande roue de bois que le graveur fait aller avec le pied. La roue d'acier fait marcher, suivant le besoin, plusieurs petits outils de fer doux non trempé ou de cuivre jaune, qu'on enchâsse dans une espèce de tuyau. De ces outils, les uns ont à leur extrémité la forme d'une tête de clou tranchante sur les bords, ce qu'on appelle *scie;* les autres ont une petite tête exactement ronde comme un bouton : on les nomme *bouterolles*. La pierre qu'on veut graver est ordinairement montée sur la tête d'une petite poignée de bois, où elle est cimentée avec du mastic. Le graveur la prend de la main gauche, et la présente contre l'outil mis en action par le *touret*, et de la main droite il tient une petite spatule de fer dont le bout a été trempé dans de l'huile d'olive, où est délayée de la poudre de diamant, qui est la seule propre pour bien mordre sur les pierres précieuses, et user les parties qui doivent être creusées. C'est avec cette spatule que l'artiste abreuve, quand il est nécessaire, l'outil qui agit sur la pierre.

Lorsque les pierres sont gravées, on les polit avec du tripoli sur des roues de brosses faites de poil de cochon.

Gravure des monnaies, médailles, etc. Les coins au moyen desquels se frappe la MONNAIE (voir ce mot) ne sont pas gravés directement; ils sont obtenus par la frappe d'un poinçon-étalon trempé, dans le coin adouci, et que l'on trempe ensuite pour frapper la monnaie.

Le travail du graveur en médailles, qui exige un si haut degré d'habileté pour rendre par de faibles inflexions des effets multiples, des figures demandant tant de pureté, peut difficilement s'analyser d'une manière quelque peu satisfaisante.

La première opération du graveur consiste à dessiner ces figures, et ensuite les modeler en cire blanche, suivant le relief et la grandeur qu'il veut leur donner. C'est d'après ce modèle que se grave le poinçon, morceau d'acier sur lequel on cisèle en relief la figure que l'on veut obtenir en creux sur le coin.

Les outils qu'on emploie pour ce travail sont des ciselets, des burins, des échoppes, des rifloirs, etc.

Lorsque le poinçon servant à faire les coins qui doivent frapper la monnaie, a été trempé et enfoncé dans l'acier destiné à former le coin, celui-ci est terminé, quant aux lettres, légendes, au moyen de poinçons isolés que l'on enfonce à la place et à la profondeur convenable.

Une des conditions les plus essentielles de succès consiste dans le choix de la meilleure espèce d'acier. L'on peut jusqu'à un certain point s'en rapporter à l'expérience du forgeron qui a préparé l'acier et qui, s'il est habile dans son art, sera en état de porter un jugement à peu près exact de la qualité du métal à employer, par la manière dont il se travaille sur l'enclume. L'acier doit être d'un grain plutôt fin que gros, et surtout tout uni, très égal, et exempt de taches. L'acier très fin avec une cassure soyeuse, estimé pour la coutellerie, n'est pas convenable, parce qu'il est sujet à se fendre ou à se casser. L'acier d'un grain très gros est encore défectueux; il s'y fait des fentes sous le balancier, et rarement il se trempe également et convenablement. Le point principal est donc de choisir un acier d'une qualité moyenne quant à la finesse.

Après avoir ainsi choisi la meilleure qualité d'acier, et l'avoir convenablement forgé à une grande chaleur, le plus souvent en soudant l'une sur l'autre des lames d'acier, on fait recuire celui-ci très soigneusement, et dans cet état on le polit extérieurement, on le dresse sur le tour, puis on le remet au graveur.

Le procédé pour faire recuire le poinçon consiste à le chauffer jusqu'au rouge-cerise, et à le faire refroidir lentement. Pour le chauffer on le place, dans un creuset de fer, entouré de poudre de charbon de bois. La gravure faite, il faut le tremper, c'est-à-dire après l'avoir chauffé au rouge, le plonger dans une grande quantité d'eau froide. Mais la masse d'acier étant considérable, l'opération de la tremper est d'une grande difficulté, d'autant plus qu'il faut en même temps prendre grand soin de ne pas endommager la surface gravée. On évite cet accident en couvrant la face gravée du coin d'un enduit composé d'huile épaissie avec de la poudre de charbon de bois : quelques personnes y ajoutent de la terre de pipe, d'autres emploient une gousse d'ail, mais l'huile remplit parfaitement l'objet. On en étend une couche mince sur le poinçon, qui, par précaution, peut encore être garni d'une virole de fer; le coin est alors placé, la face en bas, dans un creuset, et complétement environné de charbon de bois pulvérisé. On le chauffe à une température convenable, c'est-à-dire à peu près au rouge-cerise, et une fois dans cet état on le retire avec des pinces, et on le plonge dans une masse d'eau suffisante pour qu'elle ne puisse s'échauffer beaucoup par l'action de l'acier porté au rouge; là le poinçon doit être remué avec rapidité, jusqu'à ce que tout bruit cesse, et ensuite on le laisse dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit tout à fait froid. Dans cette opération il doit produire un bruit sifflant et bouillonnant; mais si au lieu de cela le bruit est chantant, on peut généralement craindre une cassure ou une fente.

Le poinçon étant gravé et placé sous le balancier, est enfoncé dans le coin chauffé au rouge; celui-ci est ensuite trempé.

On n'a trouvé aucun procédé qui soit plus convenable pour durcir les coins, que le moyen simple et commode indiqué ci-dessus, quoique beaucoup aient été tentés inutilement.

Après la trempe on doit encore prendre quelques précautions pour protéger les coins; une d'elles consiste en un genre de recuit très doux, qui se produit en les mettant dans de l'eau dont on élève graduellement la température jusqu'à l'ébullition, et que l'on laisse ensuite refroidir spontanément. Cette opération rend le coin moins sujet à se casser par un temps très froid. On obtient aussi une très grande sauve-garde en garnissant le coin froid d'un cercle de fer rouge, qui, se resserrant quand il se refroidit, en maintient toutes les parties, prévient l'extension des fentes extérieures, et donne souvent les moyens d'employer le coin pour faire à son tour un poinçon, ce qui le briserait en morceaux, sans le cercle protecteur.

Si le coin a été convenablement trempé, il faut le nettoyer et le polir, et dans cet état il constitue ce qu'on appelle en termes techniques MATRICE. Il peut être employé pour frapper les médailles, monnaies, etc., mais on ne se sert pas généralement du premier obtenu pour cet usage, de peur qu'il ne lui arrive quelque accident sous le balancier, et parce que l'artiste ne termine guère son travail que sur celui-ci. On s'en sert pour refaire, par une opération inverse de celle qui a produit le coin, un poinçon en relief, avec lequel on frappe un grand nombre de coins définitifs qui servent pour battre monnaie.

GRÈS (*angl.* sandstone, *all.* sandstein). Roche arénacée très répandue dans la nature. Voyez GÉOLOGIE.

GRENADE. Sorte de petite bombe que l'on lance à la main.

GRENAT (*angl.* garnet, *all.* granat). Minéral d'une dureté à peu près égale à celle du quarz, ordinairement cristallisé en dodécaèdres rhomboïdaux ou en trapézoèdres et de couleurs variées. C'est un silicate multiple, fusible au chalumeau : sa densité varie de 3,35 à 4,25. Quelques variétés de hyacinthes, et surtout celle d'un beau rouge dite *pyrope* ou *escarboucle orientale*, sont employées dans la bijouterie. Les plus beaux pyropes viennent du royaume de Pégu et de l'île de Ceylan; en Europe, on en trouve aussi de très beaux, près de Mirowitz en Bohême, où ils donnent lieu à une exploitation assez considérable.

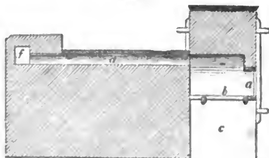
Les grenats se trouvent ordinairement entre les feuillets des schistes de transition les plus anciens.

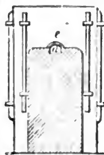
On fabrique de beaux grenats artificiels, en fondant ensemble : 931 grammes de strass incolore (voyez VERRE); 477 grammes de verre d'antimoine; 1 gramme de pourpre de Cassius, et 1 gramme de peroxyde de manganèse.

GRILLAGE DES MINERAIS. Voyez MÉTALLURGIE.

GRILLAGE DES TISSUS (*angl.* singeing of webs, *all.* sengen). Quand on examine des fils de coton, on les trouve recouverts, sur toute leur surface, d'un duvet qui, après le tissage, se retrouve à la surface et dans les intervalles des fils. Pour que ces étoffes puissent être employées, surtout si elles doivent être soumises à l'impression, il est indispensable de détruire ce duvet. Dans quelques fabrications, comme celle des velours, il est également nécessaire, après l'action des ciseaux ou *forces*, pour obtenir une surface lisse, de détruire l'extrémité des filaments dont l'inégalité de longueur produirait un effet très désagréable.

1124.





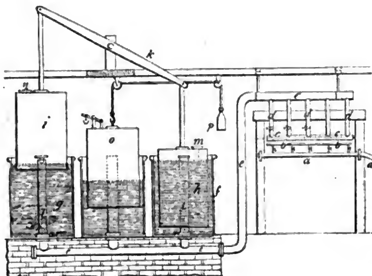
1125.

On flambait autrefois ces filaments, en les faisant passer d'une manière uniforme et rapide sur une plaque de fonte ou de cuivre laminé *e* (fig. 1124 et 1125), ayant ordinairement la forme d'un demi-cylindre, et chauffée en dessous au bois ou à la houille. Le combustible

était chargé sur la grille *b* par la porte *a*; *c* est le cendrier; la flamme passe en *d*, sous la plaque *e*, et se rend à la cheminée par le rempant *f*. Les plaques en cuivre rouge duraient dix à douze fois plus que celles en fonte, et, étant moitié moins épaisses, produisent une économie d'environ 50 p. 100 sur le combustible.

Le velours ne doit être flambé que sur une seule face; mais les toiles de coton, la dentelle, le sont des deux côtés. Ces tissus sont, dans tous les cas, amenés au contact avec la plaque rouge, par le moyen de cylindres sur lesquels ils sont tendus, et que met en mouvement une manivelle sur laquelle agit un moteur quelconque.

Actuellement on flambe les tissus au gaz, au moyen d'un appareil fort ingénieux dû à Samuel Hall (figure 1126).



1126.

Le gaz, produit par les moyens indiqués dans l'article ÉCLAIRAGE AU GAZ, mais qui n'a pas besoin d'être épuré, arrive du gazomètre par le tuyau *aa*, d'où il passe dans un bec *bb*, placé au-dessous du fil ou du tissu à griller, lequel reçoit son mouvement à l'aide de rouleaux animés d'une vitesse convenable, et qui ne sont point figurés dans le dessin; le bec est percé d'un grand nombre de très petites ouvertures placées en ligne droite; au-dessus de cette rangée de trous est un tuyau horizontal *cc*, portant à sa partie inférieure une fente pour l'introduction de la flamme, et communiquant à sa partie supérieure avec les tubes *d* et *e*, où l'on produit l'aspiration, soit au moyen d'une machine pneumatique, soit, ce qui est bien préférable, à l'aide d'un ventilateur, dont l'action est continue et bien plus régulière. Le tuyau *cc* est nettoyé par une brosse métallique qui s'y meut à l'intérieur par un mouvement de va et vient.

La machine pneumatique indiquée dans la fig. 1126 renferme deux corps de pompe *h* et *i* fixés aux extrémités d'un même balancier *k*. Par les tubes plongeant dans deux cuves *f* et *g* pleines d'eau, dont le fond est traversé par des tubes *l*, *l*, ils s'embranchent sur le tuyau *ee*; ces tubes sont coiffés par des soupapes s'ouvrant de bas en haut; les corps de pompes ou cloches renversées *h*, *i*, sont également munis de soupapes *m*, *n*, s'ouvrant dans le même sens; un gazomètre à air *o*, à contrepoids *p*, portant une soupape qui s'ouvre de haut en bas, et communiquant avec le tuyau *ee*, sert à y régler la vitesse d'aspiration.

On place souvent deux appareils semblables à la suite l'un de l'autre, mais en sens inverse, lorsqu'il s'agit, par exemple, de flamber en une seule opération le tissu sur ses deux faces.

Quand il s'agit de griller des fils, on les envide sur des bobines, d'où ils se dévident sur d'autres bobines, en passant au travers de la flamme; pour les tissus, ils passent d'abord entre deux cylindres de bois recouverts d'étoffe de laine, sur lesquels ils doivent être étendus avec beaucoup de soin, ensuite sur des brosses qui relèvent les poils; et enfin, à la sortie de la flamme, entre deux cylindres semblables aux premiers et destinés à éteindre toutes les étincelles.

La rapidité de translation à donner aux fils et tissus dépend de leur nature; mais, dans tous les cas, le mouvement ne doit jamais être interrompu un seul instant, sans quoi le tissu s'enflammerait aussitôt.

GRUE (*angl.* crane, *all.* kranich). Pour définir de la manière la plus simple cet appareil, il suffit de dire qu'il est destiné à lever des fardeaux et à les transporter d'un point à un autre en leur faisant décrire une circonférence de cercle. Pour atteindre ce but, qu'on imagine une charpente en bois, en fer, ou en fonte, ou encore composée de ces trois matières; qu'on suppose que cette charpente, composée d'un axe vertical et d'une sorte de poutre armée en porte-à-faux, puisse être animé d'un mouvement de rotation, soit sur une crapaudine, soit sur des collets ou tourillons, soit dans des manchons, et l'on aura toutes les parties essentielles qui composent la charpente d'une grue, c'est-à-dire d'un appareil pouvant transporter des fardeaux d'un point à un autre d'une circonférence, et d'un point bas à un point élevé.

La seconde partie constituante d'une grue est le mécanisme; celui-ci peut être assimilé au mécanisme des tours ou treuils ordinaires: c'est un tambour mobile autour d'un axe horizontal sur lequel s'enroule une corde ou une chaîne portant le fardeau à soulever, ce tambour est mis en mouvement au moyen d'un système d'engrenages, qui, lui-même, le reçoit d'une manivelle ou de deux manivelles à angle droit. On reconnaît dans cet appareil toutes les parties constituantes du TREUIL (voyez ce mot). Le mécanisme et la charpente, ou squelette de la grue, sont intimement liés l'un à l'autre, et participent du même mouvement de rotation, en sorte qu'il convient de combiner ces deux parties de la grue, de manière à ce que chacune d'elles vienne en aide à l'autre, et de telle sorte que toutes deux viennent concourir à la solidité, au bon fonctionnement et à l'élégance de l'ensemble; ainsi d'une manière générale, les grues sont composées de deux flasques entre lesquelles sont presque toujours disposés les appareils servant au mécanisme.

Le poids à soulever est soutenu, en porte-à-faux, à l'extrémité de la partie inclinée de la charpente, qu'on appelle ordinairement le nez de la grue. On comprend en conséquence que le principal problème à résoudre est de contrebalancer le poids, qui est à l'extrémité d'un bras de levier assez long, de manière à donner toute stabilité à l'axe vertical. Cette stabilité est obtenue souvent au moyen d'un établissement solide de cet axe entre ses manchons, ses guides ou ses tourillons. Quelquefois aussi on maintient cette verticalité et l'on évite les efforts de traction qui s'exercent sur cet axe en contrebalançant partiellement ou en totalité, le poids à soulever. Ces différentes méthodes varient avec l'usage auquel sont destinées les grues, et comme notre Dictionnaire est principalement fait au point de vue pratique, nous examinerons d'abord les différentes espèces de grues et leurs différents modes de construction.

Les usages auxquels s'appliquent cette machine sont nombreux.

Un des premiers usages auxquels elle a été employée sont les constructions des bâtiments, des ponts, des

phares, des ports, etc., et en général de tous les travaux qui exigent l'emploi de lourds matériaux. Dans ce cas, la grue a une grande hauteur pour éviter son remplacement à mesure que la construction s'élève.

Dans ces derniers temps, elle a été mise de côté, et l'on a employé de préférence un système que nous devons décrire ici. On l'emploie particulièrement dans la construction des ponts; il se compose d'un chariot composé de deux fermes verticales en charpente, servant de support à un plancher solide situé à un niveau supérieur à la plus grande hauteur de la construction à établir. Ce chariot est mobile dans un sens longitudinal, sur un chemin de fer; il repose sur des galets ou sur des roues de waggon. Le plancher supérieur qui est de la largeur de la construction, est garni d'un petit chemin de fer dont l'axe est perpendiculaire à l'axe longitudinal sur lequel marche le chariot principal. Sur ce plancher et sur ce chemin de fer repose un treuil mobile qui sert à élever les matériaux, en sorte que ceux-ci peuvent être portés à l'aide de cet appareil à tous les points de la construction, soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal. On voit donc que ce système est destiné à élever les fardeaux et à les transporter d'un point à un autre. Il remplirait donc une partie des conditions qui rentrent dans la définition de la grue ; mais il en diffère essentiellement en ce qu'il n'est pas composé d'une charpente en porte-à-faux pouvant tourner autour d'un axe central. Nous avons décrit cet appareil parce qu'il a généralement remplacé les grues, depuis quelques années, dans la construction des ouvrages d'art.

Quelque variées que soient les dispositions des grues, on peut, d'une manière générale, les diviser en deux classes principales, savoir : 1° les grues à simple volée; 2° les grues à double volée.

Grues à simple volée. Tous les systèmes de grues à simple volée peuvent être ramenés à trois genres, qui sont les suivants :

1° Grues à arbre tournant sur pivot et sur tourillon supérieur ;

2° Grues à arbre tournant sur pivot inférieur et dans un collier ;

3° Grues à arbre fixe.

L'énoncé seul de ces trois genres suffit pour en faire comprendre la disposition. Nous les décrirons succinctement :

I. — Les parties essentielles d'une grue de premier genre, sont : 1° un arbre vertical qui tourne sur un pivot dont la crapaudine est fixée dans un dé en pierre ; à la partie supérieure, cet arbre porte un tourillon tournant dans un support fixé, soit à une poutre, soit à un mur :

2° Un ou deux tirants perpendiculaires ou inclinés à l'arbre et solidement assemblés avec lui ;

3° Un ou deux bras assemblés d'un côté avec les tirants, et de l'autre, soit directement avec l'arbre, soit au moyen d'un système de pièces fixé solidement à l'arbre.

Le fardeau à soulever s'attache à une corde qui passe sur la poulie de tête et vient s'enrouler sur un treuil, qui est à double ou à simple engrenage, suivant les fardeaux que l'on a à soulever.

Nous ferons remarquer ici que dans ce genre de grue, comme dans tous les autres, l'arbre, les tirants et les bras doivent former un triangle invariable.

Ce premier genre de grue est simple et généralement employé lorsque l'on peut se procurer un point d'appui supérieur.

II. — Les grues du deuxième genre ont une partie de leur arbre logée dans une espèce de puits réservé dans un massif de maçonnerie, le pivot de l'arbre tourne dans une crapaudine scellée dans la maçonnerie, le dessus du puits est couronné par une forte plaque à collier en fonte abaissée intérieurement et scellée solidement sur le massif ; à la hauteur du collier, l'arbre de la grue porte un manchon alésé extérieurement. Ce manchon est placé sur l'arbre concentriquement avec le collier de la plaque de fonte ; des galets cylindriques, dont les axes sont maintenus par deux cercles en fer placés dans l'espace qui se trouve entre la plaque et le manchon, diminuent le frottement qui aurait lieu par suite de la rotation du manchon sur les colliers.

Ce genre de grue est principalement employé sur les quais, dans les entrepôts et magasins et généralement partout où l'on ne peut avoir un point d'appui supérieur. On peut étudier à l'entrepôt du Marais, à Paris, une série de grues de différentes constructions. Nous avons pensé qu'il convenait de donner un dessin de grue de ce système, parce qu'il est le plus fréquemment employé (fig. 1127). L'examen seul de la figure suffit pour faire comprendre comment fonctionne cet appareil.

III. — Les grues du troisième genre ont un arbre fixe encastré dans un massif de maçonnerie à sa partie inférieure ou ayant deux points d'appui ; c'est autour de cet arbre fixe que tourne la charpente, en porte-à-faux, sur des galets à axe vertical formant collier sur cet arbre. Ces grues sont fréquemment employées dans les fonderies, elles coûtent moins cher d'établissement que les précédentes. Les bras et l'arbre se font généralement en bois et les tirants en fer. Si l'on avait à construire une grue de ce genre destinée à lever de lourds fardeaux on pourrait adopter une disposition consistant en un bâti en fonte disposé en deux flasques tournant autour d'un arbre fixe. Sur ce bâti viendraient s'assembler les bras et les tirants de la grue. Quant au mouvement de rotation on pourrait l'opérer au moyen d'un petit chemin de fer disposé circulairement, le poids de la grue se reporterait sur 3 ou 4 roues en fonte.

Grues à double volée. Une grue à double volée se compose de deux grues à simple volée fixées sur un même arbre et diamétralement opposées ; les deux volées présentent l'avantage de se faire équilibre mutuellement et permettent de n'opérer qu'une demi-révolution pour effectuer un chargement ou un déchargement, car le poids peut être appliqué à l'une quelconque des poulies, puisque les 2 cordes s'enroulent en sens inverse sur le tambour; on peut même dans ces grues employer la pression d'un poids descendant pour en élever un autre.

Quand la grue ne fonctionne pas, les deux volées se font naturellement équilibre ; mais quand on soulève un fardeau il faut l'équilibrer au moyen d'un contre-poids suspendu à la seconde volée.

Les grues à double volée sont toutes à arbre fixe ; le moyen employé pour donner un mouvement de rotation à la charpente en porte-à-faux autour de cet arbre est variable suivant les cas. Nous en donnerons quelques exemples :

M. Albert a construit sur le quai d'Orsay une grue à double volée du premier genre dans laquelle le mode d'application des hommes est le plus avantageux possible. Cette grue est toute en bois, les hommes agissent sur les chevilles d'une grande roue de 3 mètres de diamètre ; de cette manière on n'a plus les frottements d'engrenage. La double volée est mobile autour de l'arbre au moyen d'un chariot à galets.

La grue de Saint-Ouen est de ce genre, seulement les charpentes en porte-à-faux au lieu d'être en bois sont composées de deux flasques en fonte.

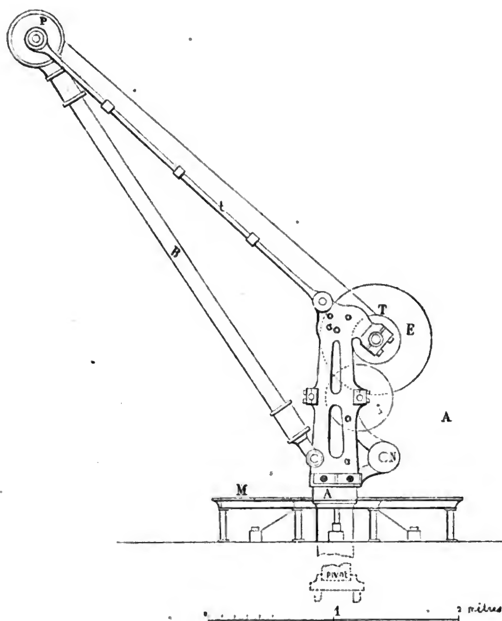
La grue de Maudslay a le même mouvement de rotation, seulement le système repose sur un plateau sur roulettes qui permet de transporter l'appareil en un point quelconque de l'atelier.

Au lieu de faire reposer la double volée sur une plate-forme inférieure à galets à axe horizontal, on peut la faire tourner autour de l'arbre, soit au moyen de galets à axe vertical, soit à l'aide d'un collier, ou bien on peut

encore se servir d'un tourillon supérieur reposant sur l'arbre à son sommet et supportant tout le système.

On voit qu'on peut varier à l'infini ce système de construction et de rotation.

Souvent dans les ateliers de construction ou dans les usines on emploie des grues dites à volée variable, c'est-établissement ; l'arbre est en fonte, il est creux ; à l'intérieur se trouve un autre arbre en fer qui porte une crémaillère engrenant avec un pignon, ce qui permet d'allonger ou de raccourcir l'arbre; sur la longueur du chemin de fer se trouvent des crapaudines fixées dans le plancher; lorsque l'on veut arrêter la grue en un point,



1127.

à-dire que non seulement elles peuvent prendre et déposer des fardeaux sur tous les points d'une circonférence, mais encore sur tous les points du rayon de cette circonférence. On comprend facilement l'utilité d'une pareille grue... MM. Manby et Wilson employaient une grue de ce genre; elle était en fonte, et la poulie sur laquelle passait la corde pouvait prendre un mouvement de translation sur un petit chemin de fer supporté par les tirants; le mouvement s'opérait par une crémaillère horizontale engrenant avec un pignon auquel on donnait le mouvement au moyen d'une chaîne à la Vaucanson. A l'établissement de Chaillot il y avait une grue disposée comme celle que nous venons de décrire.

M. Decoster a établi dans ses ateliers une grue mobile; cette grue, établie sur un petit chariot, marche sur un chemin de fer établi dans toute la longueur de son on allonge l'arbre, le tourillon vient dans la crapaudine, et la grue fonctionne comme une grue du premier genre.

Dans ces derniers temps, les Anglais ont remplacé les grues des ateliers de construction par le mécanisme suivant : ils emploient un chariot qui se meut sur un chemin de fer établi sur les deux murs de l'atelier ; sur ce chariot se meut perpendiculairement un treuil.

Lorsque l'on a un fardeau à élever on fait d'abord marcher le chariot, puis on amène le treuil au-dessus de l'endroit où se trouve le fardeau, on le soulève au moyen du treuil, puis en faisant marcher le chariot on le transporte là où l'on veut.

M. Arnoux a construit au chemin de fer d'Orléans des grues d'un nouveau système qui servent à charger les diligences sur les wagons du chemin de fer. Ces

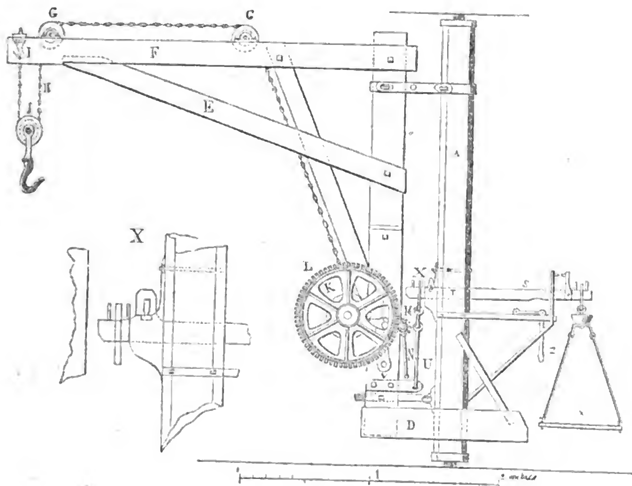
grues se composent d'un bâti en charpente muni de rails sur lesquels se meut un chariot destiné à porter la diligence et les appareils de chargement.

A ce chariot est attenant un engrenage conduisant une chaîne horizontale fixée sur le bâti en charpente, mécanisme qui permet de le faire marcher sur les rails, horizontalement, dans un sens ou dans l'autre. Les appareils de chargement se composent : d'un treuil à manivelle, d'un frein pouvant agir sur ce treuil, d'un système de roues dentées de différents diamètres et de chaînes qui, s'enroulant en sens inverse sur le treuil, vont passer sur des poulies ; aux extrémités de ces chaînes se trouvent des tringles en fer rond qui viennent s'engager dans des trous traversant de petites pièces en fer recourbées, fixées à la caisse de la diligence. Celle-ci se trouve ainsi suspendue aux tringles, et en donnant un mouvement aux engrenages dans un sens ou dans un autre, on fait monter ou descendre la caisse ; on peut ainsi l'enlever de dessus ses roues et la porter sur un wagon ou réciproquement.

ment oscillatoire du poteau C ; ce mouvement s'opère par l'intermédiaire du levier S, qui passant à travers le poteau pivotant A s'appuie sur un support X. Une tringle de suspension U s'attache d'un côté au petit bras du levier et de l'autre à la pièce V fixée solidement sur C. Une dragonne Z, semblable à celle des bascules ordinaires, soulève à volonté le plateau peseur et fait que la grue repose sur la semelle D.

La grue abandonnée à elle-même s'appuie sur la semelle D ; quand on veut peser un fardeau quelconque au moyen de cette grue-balance, on tare d'abord le poids des appareils nécessaires à la manœuvre, tels que cordes, chaînes, crochets, etc., puis on soulève la dragonne pour faire appuyer la grue sur la semelle D. On enlève le fardeau au moyen du treuil de la grue ; quand il ne touche plus le sol on enlève la dragonne et on pèse ensuite; on soulève de nouveau la dragonne et on manœuvre comme avec une grue ordinaire.

Dans les grues de MM. George on pèse à la fois tous les appareils nécessaires à la manœuvre de la machine



1128.

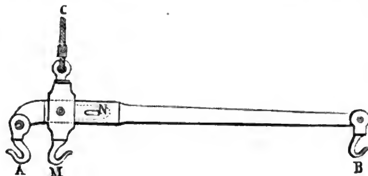
Il y a peu d'années, MM. George père et fils ont fait des grues qui permettent de soulever des fardeaux et de les peser en même temps ; et qu'ils ont appelé grues dynamométriques. Ce système est représenté en élévation dans la fig. 1128 ; elle se compose de deux parties, la partie A formant l'axe qui tourne librement à la manière des grues du premier genre, et la partie C qui constitue la grue proprement dite et porte tout le mécanisme qui sert à l'élévation des fardeaux.

Le poteau C est réuni au poteau A par quatre pièces Q et R, dont les deux premières font fonction de tirants et les autres celle de buttée ; ces pièces constituent le parallélogramme qui donne le parallélisme au mouve-

et le fardeau à soulever. M. Decoster a imaginé une grue au moyen de laquelle on ne pèse que le fardeau.

Au lieu d'attacher directement au câble la pièce à soulever, on interpose une romaine (voyez BALANCE) entre le poids à soulever et le câble. Ainsi, par exemple (fig. 1129), C est le câble, et AB la romaine. Si on veut peser la pièce en la soulevant, on l'attache en A et on équilibre sur le levier MB ; si on veut lever des pièces sans les peser on les attache en M et la grue fonctionne comme une grue ordinaire. Ici le bras MB pourrait être gênant pour le service de la grue, c'est pourquoi M. Decoster a brisé le grand bras du levier de la romaine, et quand il a besoin de peser il vient emmancher un grand

bras portatif dans la partie de la romaine qui reste toujours fixée au câble; la clavette N sert à assembler le levier avec la romaine.



1129.

On voit que le système de M. Decoster diffère essentiellement du système de MM. George, en ce que ces derniers font équilibre au poids soulevé et s'opposent ainsi au renversement.

On a essayé de remplacer les grues par des leviers à bras inégaux; sur le bras le plus grand est disposé un poids, mobile à l'aide d'un chariot qui se meut sur un chemin de fer. Quand le chariot est à une distance du point d'appui, telle que son poids, multiplié par le bras de levier, soit plus grand que le poids à soulever, multiplié par son bras de levier, l'équilibre est rompu et le poids est enlevé.

Nous n'en dirons pas davantage de ces grues, parce qu'elles ne nous paraissent pas compenser par des avantages réels les nombreux inconvénients qu'elles présentent en raison du choc provenant de la vitesse acquise.

Quand on veut faire le projet d'une grue, il faut pouvoir déterminer les pressions qui s'exercent aux différents points de la machine. Pour arriver à ce résultat nous donnons la méthode suivante, indiquée par M. Bélanger, qui nous paraît préférable à la méthode qui consiste à décomposer les forces, parce qu'elle est plus générale.

que celles d'un système de trois corps assemblés en A, B et M.

Ainsi on a le système de trois corps AB, AM, BM, assemblés en A, B, M, on demande les conditions d'équilibre d'un pareil système et les pressions qui ont lieu en A, B, M.

Soient P, P' et P'', les pressions qui ont lieu en A, B, M dont les projections horizontales et verticales sont P_x, P_y, P'_x, P'_y, P''_x, P''_y, quantités positives ou négatives suivant que les composantes qu'elles représentent agissent dans le sens Ax, Ay, ou en sens inverse.

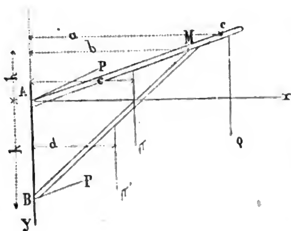
Π et Π', les poids des pièces AM, BM, appliqués au centre de gravité desdites pièces.

Q, le fardeau maximum à soulever.

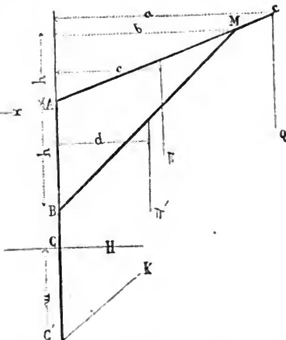
Cela posé nous ferons les trois remarques suivantes : 1° Le corps AM est en équilibre sous l'action des forces Π, Q, P et P'', donc les moments par rapport à un axe horizontal passant en M, donnent $P_x \cdot h + P_y \cdot b + \Pi\,(b-a) - Q\,(a-b) = 0$ (1). 2° L'ensemble des trois corps est en équilibre sous l'action des forces Q, Π, Π', P et P', donc les moments par rapport à un axe horizontal passant en B donnent $P_x \cdot h' + \Pi \cdot c + \Pi' \cdot d + Q \cdot a = 0$ (2). 3° Et la condition de la nullité de la résultante de translation s'exprime par les équations suivantes : $P_x + P'_x = 0$ (3) $P_y + P'_y + Q + \Pi + \Pi' = 0$ (4). On a ainsi 4 équations pour déterminer 4 inconnues P_x, P_y, P'_x, P'_y.

Au point M le corps AM exerce une pression P'' sur le corps BM, dont les projections horizontale et verticale P''_x, P''_y, se déterminent par les 2 équations suivantes : $P_x + P''_x = 0$ (1) $P_x + P''_y + Q = 0$ (2). On a ainsi 2 équations pour 2 inconnues.

Nous avons vu que dans les grues du second genre l'arbre tournait dans une crapaudine et était retenu par un collier; dans ce cas le collier sans frottement exercera une pression horizontale H et la crapaudine une pression oblique K. Il faut déterminer les pressions H et K pour connaître les dimensions à donner au



1130.



1131.

Une grue, quelle que soit la disposition, peut toujours être ramenée aux fig. 1130 et 1131, dans laquelle AB serait l'arbre, AM les tirants, et BM les bras. Les conditions d'équilibre de la grue seront donc les mêmes

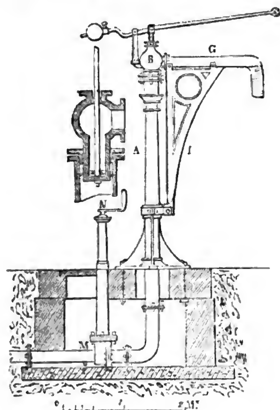
massif de maçonnerie qui doit supporter la grue.

En prenant les moments par rapport à un axe passant en C' on a $H \cdot m + Q \cdot a + \Pi \cdot c + \Pi' \cdot d = 0$ (1) et l'équilibre de translation donnera

$Kx + H = 0$ (2) et $Ky + Q + P + P' = 0$ (3).

Connaissant les pressions qui ont lieu aux différents points d'assemblage, on pourra déterminer les dimensions des différentes pièces de la grue. V. BOIS.

GRUE HYDRAULIQUE. On donne le nom de grues, dans les chemins de fer, à des appareils d'une forme analogue à celle des grues ordinaires, mais qui sont destinés à un usage tout à fait différent. Ils servent à amener l'eau nécessaire pour remplir les tenders des machines locomotives.



1132.

On en voit un exemple dans la fig. 1132, qui représente la grue hydraulique employée au chemin de fer d'Orléans.

Cette grue se compose d'un tuyau vertical en fonte présentant la forme d'une colonne creuse et terminée à sa partie inférieure par une large base formant plaque de fondation, qui est reliée au corps de la grue par quatre côtes de renfort. La partie supérieure est terminée par un cylindre entrant à frottement doux dans une boîte à étoupes, et surmontée d'une sphère à laquelle est adapté le support du levier qui sert à ouvrir et à fermer la soupape appliquée à la partie inférieure du cylindre mobile, comme il est indiqué en détail fig. 1132.

Cette sphère forme aussi raccord avec la partie horizontale G, par laquelle l'eau se distribue dans les tenders; celle-ci est supportée par une potence boulonnée à la partie inférieure à un collier K, qui embrasse la colonne A, et avec laquelle elle peut tourner dans la gorge formée par deux parties saillantes.

Le tuyau vertical se prolonge horizontalement dans sa partie inférieure pour se raccorder avec les tuyaux de communication du réservoir principal.

Pour intercepter à volonté la communication des réservoirs avec la grue, le tuyau de raccordement P porte une boîte rectangulaire en fonte M, renfermant un tiroir que l'on peut manœuvrer à l'aide d'une longue tige contenue dans une petite colonne en fonte qui surmonte la boîte M en s'élevant au-dessus du sol.

L'ascension de l'eau a lieu dans cet appareil par suite de la pression qui résulte de la différence qui existe entre le niveau du château d'eau et le tuyau horizontal G.

Au chemin de fer de Versailles (rive droite), les grues hydrauliques ont une disposition analogue, seulement le tuyau coudé se compose de deux parties, l'une fixe faisant corps avec le tuyau vertical, l'autre mobile autour de la première et reposant sur une potence mobile fixée le long du tuyau vertical. L'assemblage des deux parties du tuyau coudé doit être fait avec soin pour ne pas laisser échapper l'eau.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), le tuyau coudé et la potence mobile sont remplacés par un tuyau en cuir. Du reste la disposition est la même que pour les précédentes.

Enfin, au chemin de fer de Bâle à Strasbourg, le tuyau coudé est disposé comme celui de la grue d'Orléans, seulement il n'est pas supporté par une potence : c'est le système le plus défectueux.

GRUE HYDRAULIQUE. On donne encore le nom de grue hydraulique à des appareils de la nature des machines à colonne d'eau, qui servent dans les docks à élever des fardeaux. Nous les décrirons à l'article TREUIL.

GUTTA PERCHA. L'industrie s'est enrichie depuis quelques années d'une substance extrêmement remarquable qui a déjà reçu bien des applications utiles. La gutta percha est le résidu de l'évaporation du suc laiteux qui s'écoule d'incisions faites dans un arbre qui se rencontre dans les forêts des îles de la Malésie. La gutta percha est analogue au caoutchouc, mais avec cette différence qu'elle est plus dure à froid, plus molle à chaud et bien moins élastique à toutes les températures. A cent degrés elle devient facile à pétrir et à mouler, elle prend des empreintes qu'elle garde après le refroidissement, tandis qu'à la température ordinaire elle constitue une substance dont on ne peut mieux donner une idée qu'en la comparant à du cuir. On voit donc avec quelle facilité on obtiendra des plaques, des tubes très résistants et peu attaquables par la plupart des réactifs. Parmi les applications intéressantes de la gutta percha nous citerons les suivantes :

En Angleterre, dans plusieurs fermes on a adopté des tuyaux de gutta percha pour arroser les champs avec des engrais liquides substitués aux engrais ordinaires. MM. Kennedy ont attaché leur nom à ce mode de culture. Dans les ateliers de dorure et d'argenture de M. Christofle, l'emploi de la gutta percha pour garnir l'intérieur des cuves qui renferment les bains métalliques, a économisé un capital de 1,500 francs qui s'immobilisait par l'absorption du liquide par le bois.

Enfin, l'application la plus remarquable par ses résultats est celle de servir à envelopper les fils métalliques qui transmettent dans la terre ou dans l'eau les courants des télégraphes électriques; c'est sans contredit à l'emploi de la gutta percha qu'est dû le succès des télégraphes sous-marins. Tous les télégraphes de la Prusse sont placés sous terre, et les fils isolés par une enveloppe de gutta percha. Il suffit de faire passer les fils qu'il s'agit de recouvrir de gutta percha à travers une masse de cette substance maintenue molle à cent degrés et comprimée, pour passer en même temps que le fil à travers une filière plus grande que le diamètre de celui-ci.

La gutta percha, qui a la même composition chimique que le caoutchouc, peut s'unir à chaud avec celui-ci. Le mélange possède certaines propriétés intermédiaires entre celles des deux substances, qui peuvent trouver d'utiles applications.

H

HACHE (*angl.* axe, *all.* beil). La hache ou *coignée* est un outil très employé par les charpentiers et surtout par les bûcherons, dont le tranchant est placé en retour d'équerre au bout d'un manche, et dont la manœuvre est bien connue.

HACHE-PAILLE. Instrument servant, comme son nom l'indique, à hacher la paille que l'on donne comme aliment aux bestiaux. Ces machines sont, en général, trop compliquées; d'ailleurs beaucoup de personnes pensent qu'il vaut mieux, sous le rapport de la nutrition, employer de la paille triturée dans les machines à battre le blé que coupée ou hachée.

HAQUET. Voiture à deux roues et à deux brancards longs, forts et très rapprochés l'un de l'autre, sur laquelle on transporte, dans l'intérieur des villes, les marchandises en tonneaux. Cette voiture, à laquelle on attelle quelquefois plusieurs chevaux en file, a une limonière fixée à articulation contre une des extrémités des brancards; de sorte que ceux-ci, posés en équilibre sur l'essieu, peuvent s'incliner en arrière jusqu'à ce que leurs extrémités postérieures touchent à terre. C'est dans cette position inclinée qu'on charge et qu'on décharge le haquet, à l'aide d'une corde double, dont les bouts s'enveloppent sur un treuil placé horizontalement près de la limonière, sur le bout des brancards. Ce treuil, prolongé en dehors du brancard du côté du montoir où se tient toujours le *haquetier*, porte une tête frettée traversée en croix par deux forts bâtons servant de leviers, à l'aide desquels un homme seul fait monter un ou plusieurs tonneaux à la fois le long des brancards du haquet, jusqu'à ce que le centre de gravité de la charge se trouve à peu près au-dessus de l'essieu. Il l'arrête provisoirement à cet endroit avec une cheville de fer qu'il introduit dans un des trous pratiqués de distance en distance le long d'un des brancards. Lâchant le treuil, il va chercher de la même manière d'autres tonneaux, qui viennent à leur tour pousser les premiers. La charge glisse très aisément sur les brancards, parce qu'ils sont garnis de fer poli, jusqu'à ce qu'ils reprennent leur position horizontale, dans laquelle le haquetier les maintient avec une forte cheville de fer qu'il introduit dans des trous correspondants percés à la fois dans les brancards et dans la limonière.

Le déchargement est encore bien plus facile, puisqu'il ne s'agit que de rendre aux brancards leur position inclinée en arrière, et de laisser glisser les tonneaux jusqu'à ce que le dernier chargé tombe à terre, le treuil servant de frein pour modérer leur vitesse. Alors, faisant avancer les chevaux, tous les autres tonneaux sont successivement mis à terre sans qu'on ait à craindre le moindre accident.

C'est au célèbre Pascal qu'on doit l'invention de cette voiture, qui offre un moyen extrêmement simple et commode de charger et de décharger les marchandises.

HAUT-FOURNEAU. Voyez FER.

HÉLICE. L'hélice ou le tracé sur un cylindre d'un plan tournant autour de ce cylindre et incliné suivant un angle constant, est une des courbes les plus fréquemment utilisées dans les besoins des arts. Nous renverrons aux articles VIS, FILIÈRE, TARAUD, etc., pour ses applications.

HÉMATINE. Principe colorant du bois de Campêche. Voyez BOIS DE TEINTURE.

HÉMATITE BRUNE. Minerai de fer oxydé hydraté en masse. Voyez FER.

HÉPATIQUE. Se dit des composés ou des liqueurs qui renferment des sulfures alcalins, et en particulier du sulfure de potassium dont la couleur est brun de foie; ce mot vient du latin *hepar*, qui veut dire foie: on donnait autrefois au sulfure de potassium le nom de foie de soufre.

HÉRISSON. Roue portant, sur son contour extérieur, des dents qui engrènent avec une lanterne, un pignon, ou une autre roue placée dans le même plan qu'elle; ou bien qui conduit une chaîne sans fin. On fait ordinairement ces roues en fonte avec des dents en bois ou *alluchons*, solidement plantés dans des mortaises ménagées dans la fonte, où on les retient avec des chevilles de fer.

HERSE. Instrument employé en agriculture pour unir et émietter la surface d'un terrain labouré, et pour enfouir la semence. Sa forme est celle d'un trapèze, d'un carré long ou d'un triangle, présentant une surface d'environ 4 mètres. Le bâti se compose d'un encadrement et de traverses en bois fortement assemblées, dans lesquelles sont plantées 25 à 30 dents de fer ou de bois, à égale distance les unes des autres, et légèrement inclinées dans le sens du mouvement qu'on donne à la herse. On place ordinairement sur le côté opposé aux dents, qu'on nomme dos de la herse, deux barres en bois dans le sens du mouvement: elles servent non-seulement à consolider le bâti de la herse, mais encore de traîneau pour la conduire aux champs.

Les herses triangulaires sont les plus simples et les plus usitées; on les tire par un anneau de fer placé à l'angle antérieur. Les dents, espacées de 7 à 8 centim., sont plantées dans les côtés obliques et dans des pièces intermédiaires disposées parallèlement à un des côtés.

Les herses carrées ou trapèzes sont formées de cinq barres parallèles ou à peu près, maintenues à égales distances par deux traverses faisant avec elles des angles droits. On les tire par un des angles. Leur marche se fait dans le sens de la diagonale (voyez AGRICULTURE).

HORLOGERIE (*angl.* watch-making, *all.* uhrmacherkunst). Dans l'antiquité et même dans les premiers siècles de l'ère chrétienne, le temps se mesurait au moyen de cadrans solaires, et de *clepsydres* ou horloges d'eau; dans les premiers, au moyen d'une aiguille ou de l'arête supérieure d'un plan perpendiculaire au cadran, et dont l'ombre tombait sur des lignes destinées à marquer les heures; dans les secondes, au moyen d'une certaine quantité d'eau s'écoulant, par une petite ouverture, d'un vase sur lequel étaient tracées des lignes qui indiquaient depuis combien de temps le vase se vidait; ce n'est que beaucoup plus tard que l'on a inventé et successivement perfectionné les horloges, les montres et les chronomètres, qui marquent le temps par des mouvements mécaniques variés dont nous allons donner la description.

Dans la plupart des horloges, le moteur est un poids attaché à une corde enroulée sur une poulie; l'autre extrémité de cette corde porte un contre-poids plus faible, qui la maintient tendue. Si ce poids était abandonné librement à l'action de la pesanteur, il tomberait avec une vitesse accélérée; mais à peine a-t-il parcouru un petit espace en descendant, que sa chute se trouve arrêtée par un obstacle périodique dont nous parlerons plus loin; aussitôt que ce dernier cesse d'agir, la chute du poids moteur recommence, pour s'arrêter de nouveau après que la même hauteur a été parcourue, et par

l'effet du même obstacle. On obtient ainsi une série de chutes *isochrones*, c'est-à-dire de même durée, que l'on indique et que l'on compte au moyen d'aiguilles qui marchent sur un cadran, et qui reçoivent, à l'aide de rouages, leur mouvement de la poulie que fait tourner la corde tirée par le poids moteur.

Dans les pendules que l'on place sur les cheminées, et dans les montres, le poids moteur est remplacé par un ressort spiral qui se débande peu à peu, et qu'arrête, après des intervalles égaux, un obstacle périodique.

Dans les horloges l'obstacle périodique est un pendule; dans les montres, c'est un spiral fort délicat, qui accomplit des oscillations et se courbe chaque fois d'une quantité toujours la même.

Nous nous occuperons d'abord des deux systèmes de régulateurs qui forment la base des moyens de mesurer le temps par la régularité, l'identité de leurs mouvements successifs.

Du pendule. Lorsqu'une masse pesante suspendue à l'extrémité d'une tige oscille librement, il est évident que la durée des oscillations doit toujours être la même, si aucune résistance ne vient contrarier son mouvement, ou si (car cette supposition ne peut se réaliser dans la pratique) on restitue au pendule, par une impulsion, un travail égal à celui qui a été consommé par les résistances.

L'amplitude de l'oscillation, ou si l'on aime mieux la force motrice, de même que les résistances, ne pouvant être déterminées rigoureusement, être absolument constantes, le pendule ne serait pas d'une grande utilité dans la pratique, si la moindre variation dans les amplitudes faisait varier la durée des oscillations. Or cette durée, point de départ du mécanisme des horloges, est, comme on le démontre en mécanique, $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, l étant la longueur du pendule, g l'action de la gravité dans le lieu que l'on considère, c'est-à-dire 9,804 à Paris. La durée paraît, d'après cette formule, indépendante de l'amplitude, mais ceci n'est vrai que pour des amplitudes de peu d'étendue. C'est dans ce cas seulement que la formule est applicable et que les oscillations d'amplitudes différentes sont isochrones, ont lieu dans le même temps.

Huyghens a démontré que si, au lieu de décrire un arc de cercle, la boule du pendule parcourait un arc de cycloïde, l'isochronisme serait rigoureusement vrai pour des amplitudes très différentes. La nécessité de dispositions trop compliquées pour réaliser ce système n'a pas permis de faire passer dans la pratique cet important résultat de la théorie.

Remarquons que la suspension du pendule la plus convenable s'effectue à l'aide d'une lame de ressort pressée entre deux couteaux; elle est favorable à l'isochronisme, puisque la résistance qu'oppose le ressort va en croissant avec les amplitudes.

Dans ces derniers temps on a essayé d'employer un pendule circulaire, c'est-à-dire un pendule supporté par un joint de Cardan, et ayant par suite la liberté de tourner en tous sens, par conséquent de conserver un mouvement circulaire. Cet appareil n'a pas été adopté et donne difficilement des rotations isochrones; il a été l'objet des études de M. Foucault et l'a conduit à la belle série d'expériences par lesquelles il a mis sous forme d'expérience de physique la démonstration de la rotation de la terre.

Ressort spiral. Dans les montres et chronomètres, le régulateur est un ressort spiral, c'est-à-dire un ressort d'acier contourné en spirale et d'une élasticité parfaite. Si l'extrémité extérieure étant fixe, on enroule l'extrémité intérieure, celle du centre, d'une certaine quantité, aussitôt que l'effort cessera le ressort reviendra à sa première position, puis la dépassera par une extension égale à la compression, comme le fait une lame élastique que l'on fait vibrer. Ces oscillations seraient beaucoup trop promptes; c'est pour les ralentir qu'on introduit dans le système une masse à mouvoir par le spiral. Elle consiste en une roue faisant effet de volant, dont la masse principale disposée en la circonférence tient au centre par quatre ou six rayons. Le balancier doit être centré avec le plus grand soin, autrement dans la position verticale de la montre, la gravité vient augmenter ou diminuer la force de rotation du spiral, en agissant comme force accélératrice ou retardatrice. Toute régularité est ainsi détruite, tant par cette cause que par la fatigue qu'éprouve l'axe dans la position horizontale.

La longueur à donner aux spiraux pour atteindre l'isochronisme est une des plus grandes difficultés de l'art de l'horloger. On se guide d'après une loi remarquable que Pierre Leroy a déduite de l'expérience, savoir : *Il y a dans tous les ressorts spiraux d'une longueur suffisante une longueur où toutes les vibrations, grandes ou petites, sont isochrones. Pour une longueur supérieure, les grandes vibrations sont plus lentes que les courtes, et inversement pour une longueur moindre.*

Pour bien comprendre cette propriété, il faut remarquer que plus les arcs du balancier sont grands, plus le spiral est armé, plus il parcourt l'arc rétrograde avec vitesse. Si donc la force du spiral croît dans une proportion plus grande que celle de l'étendue des arcs raccourcis, le spiral accélérera les grands comparés aux petits; si, au contraire, la force du spiral augmente dans une proportion moindre que l'étendue des arcs allongés, pour une augmentation de force motrice, le spiral retardera les grands arcs comparés aux petits. Il existe donc pour les ressorts spiraux une certaine progression de force qui peut rendre isochrones entre elles les vibrations d'inégale étendue, et par conséquent procurer une régularité qui, sans cela, est impossible. Le spiral isochrone est celui auquel on est parvenu à donner cette progression en en variant la longueur.

Bréguet donnait à ses spiraux plus d'épaisseur aux extrémités qu'au milieu; de la sorte le bandé des grands arcs éprouve plus de résistance à courber les extrémités, et l'isochronisme est plus facile à obtenir. Nous avons vu, à l'article CHRONOMÈTRE, la forme héliçoïdale qu'il donnait aux spiraux de ces appareils de précision pour leur conserver plus de force et plus de longueur.

Les mouvements en ligne droite n'altèrent pas la marche des ressorts spiraux; mais il n'en est pas de même des mouvements circulaires qui ont lieu dans le plan du balancier et qui agissent évidemment en accélérant ou retardant le mouvement propre du balancier. C'est pour diminuer surtout cette cause d'erreurs qu'on rend très-grande la vitesse de vibration, qu'on augmente le nombre des vibrations en une seconde, sans accroître l'amplitude. Le nombre est quelquefois de cinq ou six par seconde dans les chronomètres.

Compensateurs. La dilatation dans les pendules, en allongeant la tige, abaisse le centre d'oscillation et, par conséquent, augmente la durée de chaque oscillation; le froid produit l'effet contraire. Les variations de température produisent le même effet dans les balanciers régulateurs des montres en faisant varier la longueur des bras qui en portent la couronne. Pour remédier à ces variations perturbatrices on a imaginé d'employer comme correcteur la chaleur elle-même : le pendule ou balancier compensateur est construit de telle sorte que, pendant qu'une partie de sa masse s'éloigne du centre d'oscillation, le reste s'en rapproche de manière à produire une compensation.

Dans le compensateur le plus employé, au lieu de lier, par une simple tige métallique, l'axe d'oscillation du pendule à la lentille qui forme la masse principale

de ce dernier, on remplace cette tige, sur une partie de sa longueur, par un cadre en fer, dont la traverse inférieure porte deux tiges en cuivre qui s'élèvent dans l'intérieur du premier cadre en fer, et qui sont réunies par une traverse supérieure; cette dernière porte deux tiges en fer descendantes que réunit, à leur partie inférieure, une traverse sur laquelle s'appuient deux nouvelles tiges ascendantes en cuivre, réunies par une traverse supérieure à laquelle on fixe la tringle de fer qui porte la lentille. Par l'effet de la dilatation, toutes les tiges de fer tendent à faire descendre la lentille, tandis que celles de cuivre tendent à la faire remonter; il suffira, pour que celle-ci demeure à la même distance de l'axe de suspension, que les sommes respectives des longueurs de ces tiges soient en raison inverse des coefficients de dilatation des métaux qui les composent; c'est-à-dire que la somme des tiges de fer soit environ les 3/2 de celle des tiges de cuivre, la dilatation de ce dernier métal étant environ les 3/2 de celle du premier.

Le compensateur que l'on applique aux montres marines et aux chronomètres consiste dans des lames formées de plusieurs métaux superposés, qui, par un bout, se fixent à la circonférence du balancier, et qui, à l'autre bout, portent de petites masses d'or. Le métal le plus dilatable est en dehors, et, de plus, les bandes métalliques sont soudées ensemble de sorte qu'elles ne peuvent glisser l'une sur l'autre. Quand la chaleur augmente, les lames les plus dilatables ne peuvent occuper une longueur comparativement plus grande que les autres, qu'en se courbant avec elles de manière à occuper la convexité et les autres lames la concavité de l'arc métallique; la concavité se formant du côté du balancier, les petites boules d'or se rapprochent de celui-ci et, par suite, de l'axe d'oscillation, ce qui peut compenser l'éloignement du balancier du même axe, par suite de la dilatation des bras qui le portent. On détermine d'abord approximativement par le calcul les dimensions de chacune des parties qui composent cet appareil, puis on parvient par tâtonnement à une exactitude rigoureuse en faisant varier la position des boules sur les lames à l'extrémité desquelles elles sont montées à vis. On emploie aussi le même principe dans quelques pendules.

Le prix élevé des compensateurs a conduit à chercher des substances qui fussent à peu près exemptes de la dilatation et qui pussent fournir des tiges de pendules. Le bois sec et en particulier le sapin du nord bien sain et ayant fait son effet, disposé de manière à ce que les fibres soient dirigées dans le sens de la longueur du pendule, donne de bons résultats; l'action hygrométrique de l'eau ne fait qu'écarter les fibres sans les allonger.

Quand le moteur d'un appareil chronométrique est un poids, il offre cet avantage que son action est toujours la même. La quantité de corde change, il est vrai, soit du côté du poids moteur, soit du côté du contrepoids, à mesure que le premier descend et que l'autre monte, mais c'est là une variation peu importante, surtout quand les poids employés sont considérables. Quand au contraire le moteur est un ressort, la force de ce dernier va en s'affaiblissant au fur et à mesure qu'il se déroule et, par suite, il tend à prendre lui-même et à communiquer au reste du mécanisme une vitesse de moins en moins grande, aussi a-t-on soin de remonter le ressort quand il n'a fait qu'une partie de son effet; plus cette partie sera petite comparativement au développement total, plus l'intensité du moteur pourra être considérée comme constante. Pour remédier d'une manière plus efficace à cette diminution de la force du moteur, on a imaginé de placer comme intermédiaire, entre ce dernier et le reste du mécanisme une *fusée*, sorte de cône parabolique sur lequel s'enroule une chaîne articulée qui s'enroule également sur un tambour ou *barillet*, dans lequel est emprisonné le ressort moteur. Au fur et à mesure que le ressort se débande et que son tambour tourne, la portion de chaîne qui joint le cône au tambour, et qui se déroule sur le cône, vient toucher ce dernier, de plus en plus loin de son sommet, et par conséquent agit à l'extrémité d'un rayon encore plus grand, ce qui compense la diminution de l'énergie du ressort. Lorsque la mode est venue de proscrire les montres épaisses pour les remplacer par les montres plates, on a dû abandonner la fusée, qui nécessairement occupe une certaine hauteur, et, à la place, on a imaginé de donner à la bande d'acier, qui forme le ressort, une largeur de plus en plus grande à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité qui se déroule la dernière, c'est-à-dire de celle qui est au centre de la spirale qu'il forme; cette augmentation de matière élastique produit nécessairement un accroissement proportionnel de force, et tend à compenser la diminution d'intensité que produit le débandement partiel déjà effectué par tout le ressort.

On donne le nom d'*échappement* à un mécanisme qui réunit le moteur au régulateur, et qui, quelque varié qu'il puisse être, se réduit toujours à produire, entre la roue la plus éloignée du moteur et le régulateur, une action réciproque, en vertu de laquelle, d'une part, le régulateur ralentit cette roue et rend sa marche uniforme, tandis que, d'autre part, une partie aliquote quelconque de la force motrice, arrivée à la dernière roue, se transmet au régulateur, pour entretenir les oscillations de ce dernier, qui cesseraient tôt ou tard par suite des résistances dues au frottement sur les pivots ou à l'ébranlement de l'air.

Les divers échappements peuvent être rangés en deux classes, les échappements à *recul*, et ceux à *repos*. Dans les premiers, le mouvement de la roue n'a pas lieu constamment dans le même sens, mais elle avance et recule par petits intervalles successifs, de manière cependant à ce qu'il échappe une dent à chaque oscillation du balancier : l'échappement dit à *roue de rencontre*, presque exclusivement usité pour les montres communes, appartient à cette classe. Les échappements à repos, ainsi nommés parce que la dernière roue passe, avec tout le reste des rouages, par une série de repos et de mouvements alternatifs, se divisent eux-mêmes en deux classes bien distinctes. Dans les uns, la roue d'échappement reste toujours en contact avec le balancier ou avec un annexe de ce dernier, alors même que cette roue étant en repos, le balancier continue à osciller, ce qui donne lieu à un frottement préjudiciable; les échappements de cette section sont dits *dépendants* : tels sont l'échappement à *cylindre* généralement employé dans les montres plates dites à cylindre, et l'échappement à *ancre* usité pour les horloges et pendules. Dans les échappements de la seconde section, dits *libres* ou indépendants et qui sont bien préférables, le balancier est entièrement indépendant de la roue d'échappement et oscille librement, sans autre frottement que celui de ses pivots; tels sont les échappements employés dans les chronomètres et les montres marines.

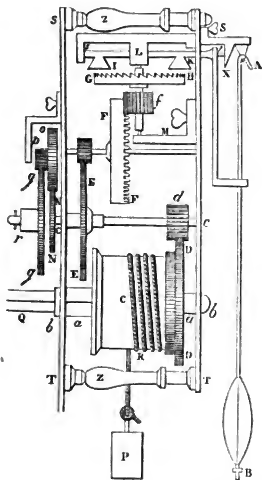
Nous renverrons, pour la description des divers échappements, à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, où il en sera traité avec détail.

Nous compléterons les principes généraux d'horlogerie que nous venons de faire connaître, en donnant la description d'une horloge à poids ordinaire, et d'une montre commune, toutes deux avec un échappement à roue de rencontre.

Description d'une horloge commune à poids et roue de rencontre. Fig. 1133, horloge vue de profil; P, poids suspendu à une corde s'enroulant autour du cylindre C, fixé sur l axe *a a*; *b*, *b*, pivots s'introduisant dans des trous pratiqués dans les plaques T S, T S, et dans lesquels ils tournent librement. Ces plaques sont de cuivre

ou de fer, et se rattachent l'une à l'autre par quatre piliers Z, Z. L'ensemble de ces pièces s'appelle le *mouvement*.

Le poids P, s'il n'est point arrêté, fera nécessairement tourner le cylindre C d'un mouvement uniformément accéléré, de la même manière que si le poids tombait librement d'une hauteur quelconque. Mais le cylindre est garni d'un rochet dont les dents sont arrêtées par un cliquet fixé au moyen d'une vis à la roue D D; le poids agissant sur la roue D D, ses dents entraînent celles de la petite roue *d*, qui tourne sur le pivot *c c*. L'ensemble de deux roues constitue un engrenage dont la perfection résulte de la forme des dents et de leur égalité parfaite entre elles. Il faut que le pignon soit dans un rapport exactement déterminé avec la roue dont il reçoit l'action, et qu'il soit à une certaine distance de cette roue.



1133.

La roue E E est fixée sur l'axe du pignon *d*, et le mouvement, communiqué à la roue D D, par le poids, est transmis au pignon *d*, et conséquemment à la roue E E, ainsi qu'au pignon *e* et à la roue F F, qui fait mouvoir le pignon *f*, sur l'axe duquel est fixée la roue *de rencontre* G H. Les pivots du pignon *f* jouent dans les trous des plaques L, M, fixées horizontalement aux plaques T, S. Enfin le mouvement imprimé par le poids se transmet de la roue G H aux *palettes* I, K, et, au moyen de la *fourchette* U X, rivée sur les palettes, au pendule A B, qui est suspendu au crochet A. Le pendule A B décrit autour du point A un arc de cercle, en allant et venant alternativement. Si le pendule est une fois mis en mouvement par une simple impulsion de la main, le poids, qui est en B, le fera revenir sur lui-même et dépasser la verticale, et il continuera d'aller et venir alternativement, jusqu'à ce que la résistance que l'air oppose au pendule, et le frottement qui s'opère au point de suspension A, détruisent la force primitive. Mais si, à chaque oscillation du pendule, les dents de la roue de rencontre G H agissent sur les palettes I, K, et que, après qu'une dent H a communiqué le mouvement à la palette K, cette dent s'échappe, la dent opposée G agissant pareillement sur la palette I, et s'échappant de la même manière, le pendule, au lieu de s'arrêter, continuera son mouvement.

La roue E E achève sa révolution en une heure. Le pivot *c* de cette roue passe par les plaques, et se prolonge en *r* : sur le pivot est une roue N N, ayant une longue tige fixée dans le centre. A l'extrémité de cette tige *r*, se rattache l'aiguille des minutes. La roue N N agit sur la roue *o*, dont le pignon *p* agit sur la roue *g g*, fixée sur un pivot qui tourne avec la roue R. La roue *g g* achève sa révolution en 12 heures; c'est sur son pivot qu'est fixée l'aiguille des heures

De la description précédente, il résulte évidemment, 1° que le poids P fait tourner toutes les roues, et maintient en même temps le mouvement du pendule; 2° que la vitesse du mouvement des roues dépend de celui du pendule; 3° que les roues indiquent les portions de temps, divisé par le mouvement uniforme du pendule. En un mot, le poids produit le mouvement, et le pendule le règle.

Quand la corde à laquelle est suspendu le poids est entièrement déroulée, on la roule de nouveau sur le cylindre, au moyen d'une clef qui va à l'extrémité carrée de l'arbre en Q, et qu'on tourne dans un sens opposé à celui selon lequel le poids descend. Alors, le côté incliné des dents de la roue d'encliquetage soulève le *cliquet*, de sorte que le rochet tourne pendant que la roue D est en repos. Dès que la corde est roulée, le *cliquet* retombe dans les dents, et oblige la roue D à tourner de nouveau avec le cylindre. Un ressort convenable maintient le *cliquet* dans les dents du *rochet*.

Nous allons maintenant expliquer comment le temps se mesure par le pendule, et comment la roue E, sur l'axe de laquelle est fixée l'aiguille des minutes, ne fait exactement qu'une révolution par heure. Les oscillations du pendule s'opèrent en un temps plus ou moins long, selon sa longueur. Un pendule de 19 millimètres de longueur fait 3,600 oscillations par heure, c'est-à-dire que chaque oscillation s'opère en une seconde; ce qui fait qu'on l'appelle le *pendule à secondes*. Mais un pendule de 249 millimètres oscille 7,200 fois par heure, ou deux fois par seconde; ce qui lui a fait donner le nom de *pendule à demi-secondes*. De là vient que, dans la construction d'une roue dont la révolution doit s'opérer dans un temps donné, on doit prendre en considération le temps des oscillations du pendule qui en règle le mouvement. Supposons donc que le nombre des vibrations du pendule AB soit de 7,200 par heure, et voyons comment la roue E mettra une heure à achever sa révolution. Cela dépend entièrement du nombre de dents que comportent les roues et les pignons. Si la roue de rencontre se compose de trente dents, elle fera un tour dans le même temps que le pendule fait 60 oscillations; car, à chaque tour de la roue, la même dent a agi une fois sur la palette I, et une fois sur la palette K, ce qui produit deux oscillations différentes dans le pendule. Conséquemment il faut que cette roue fasse 120 révolutions par heure, parce que 60 oscillations, qu'elle produit à chaque révolution, sont contenues 120 fois dans 7,200, nombre d'oscillations que fait le pendule en une heure.

Pour déterminer le nombre de dents que doivent avoir les roues E, F, et les pignons *e*, *f*, il faut remarquer qu'une révolution de la roue E doit faire tourner le pignon *e* autant de fois que le nombre des dents de ce pignon est contenu dans le nombre des dents de la roue. Ainsi, si la roue E comporte 72 dents, et le

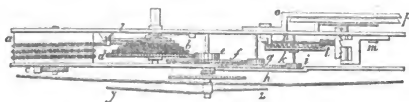
pignon 6, le pignon fera douze révolutions pendant que la roue en fait une; car chaque dent de la roue pousse une dent du pignon; et quand les 6 dents du pignon sont poussées, il s'est opéré une révolution complète. Mais la roue E n'a, pendant ce même temps, avancé que de 6 dents; il lui en reste donc 66 à avancer, ou onze révolutions à faire faire au pignon. Par la même raison, la roue F ayant 60 dents, et le pignon *l* 6, celui-ci fera dix révolutions pendant le temps que la roue mettra à en faire une. Or la roue F, mue par le pignon *e*, fait douze révolutions pendant que la roue E en fait une, et le pignon *f* dix contre une de la roue F; conséquemment le pignon *f* fait 10 fois 12 ou 120 révolutions pendant que la roue E en fait une. Mais la roue G, mue par le pignon *f*, produit 60 oscillations dans le pendule à chaque tour qu'elle fait; conséquemment elle produit 60 fois 120 ou 7,200 oscillations, pendant que la roue achève une révolution. Mais 7,200 est le nombre des oscillations que produit par heure le pendule, par conséquent la roue E ne fait qu'une révolution par heure, et ainsi de suite.

Il suffit de combiner le nombre des dents des roues et des pignons avec la longueur du pendule et de la corde qui tient le poids suspendu, en remarquant toutefois que si, la durée du temps augmentant, le poids reste le même, la force qu'il communique à la dernière roue GH s'en trouve diminuée.

Il ne nous reste plus maintenant qu'à parler du nombre des dents des roues qui font tourner les aiguilles des heures et des minutes. La roue E achève une révolution par heure. La roue NN, mue par l'axe de la roue E, doit également ne faire qu'une révolution dans le même temps; et l'aiguille des minutes est fixée sur le pivot de cette roue. La roue N a 30 dents, et agit sur la roue O, qui a le même diamètre et également 30 dents; conséquemment la roue O met une heure à faire une révolution. Or, la roue O emporte le pignon *p*, qui a 6 dents, et agit sur la roue *gg* de 72 dents; conséquemment le pignon *p* fait douze révolutions pendant que la roue *gg* en fait une; d'où il résulte que la roue *gg* met 12 heures à faire la sienne. C'est sur le pivot de cette roue qu'est l'aiguille des heures. Ce que nous venons de dire à l'égard des révolutions s'applique aussi bien aux montres qu'aux horloges.

L'échappement à roue de rencontre est généralement remplacé aujourd'hui dans les pendules par l'échappement à ancre, qui est bien préférable et qui a été emprunté aux horloges de précision.

Montre commune avec fusée et roue de rencontre. La figure 1134, qui est une élévation latérale de la montre et de son contenu, nous fait voir la disposition relative



1134.

de toutes les parties. Le grand ressort, qui fait aller toutes les roues et les pignons, est renfermé dans le barillet *a*. Au moyen d'un outil fait exprès, on fait entrer de force ce ressort dans le barillet, et alors on en attache le bout extérieur à une cheville dans le bord circulaire de la boîte, en sorte que, si la boîte tourne pendant que le pivot est fixe et immobile, le ressort commence à se replier sur lui-même au centre; on dit alors qu'on monte la montre. L'effet serait le même, si c'était la boîte qui fût fixe et le pivot seulement qui tournât; mais, dans ce cas-là, la chaîne qui se déroule de dessus le barillet resterait immobile, il faut donc que la boîte tourne pendant que l'arbre est en repos, ce qui a lieu comme nous allons l'expliquer: il y a un bout de la chaîne attaché sur le côté du barillet, et l'autre à la fusée *b*, après avoir tourné plusieurs fois autour du barillet. Comme le bout carré du pivot du barillet est retenu par un petit rochet et un cliquet, de manière à l'empêcher de tourner, il est clair qu'en introduisant une clef sur le carré de l'arbre de la fusée, et en la tournant dans le sens convenable, la chaîne se roulera sur la rainure spirale de la fusée, en même temps qu'elle se déroulera de dessus le barillet; et pendant que cette opération s'exécutera, le ressort se roulera sur lui-même au centre du barillet, c'est-à-dire qu'il sera dans sa plus grande tension pour ramener la fusée. Le mouvement rapide que le ressort tendu dans toute sa force communiquerait à la fusée, en sens rétrograde, est empêché par le train du rouage et de la roue de rencontre. Ainsi, par exemple, la grande roue *d* ne tient pas au gros bout de la fusée, comme le dessin semble l'indiquer; mais elle porte un cliquet et un ressort de cliquet, tandis que la roue à rochet ci-dessus est attachée à la fusée; il s'ensuit que, pendant qu'une clef appliquée à l'arbre de fusée monte la montre, et roule la chaîne dans les rainures de la fusée, jusqu'à ce qu'elle arrive au petit bout de cette fusée, le cliquet glisse par dessus les dents du rochet sans faire effort dessus, et laisse ainsi la grande roue *d*, qui est en repos, en communication avec le pignon *e* placé sur l'arbre de la roue des minutes; quand le ressort agit sur la fusée en sens contraire, les dents du rochet, buttant contre le cliquet attaché à la roue, rendent cette roue solidaire de la fusée, jusqu'à ce que le grand ressort ait besoin d'être remonté, ce qui arrive ordinairement une fois toutes les 28 ou 30 heures; on le monte communément une fois par 24 heures.

L'action de la grande roue *d* sur le pignon *e* est celle d'un long levier sur un court, c'est-à-dire que cette roue a un grand désavantage; car ce que le pignon gagne en vitesse, il le perd en puissance. Sur l'arbre central de ce pignon *e* est fixée la roue du centre *f*, qui fait sa révolution dans une heure de temps, comme on peut le voir; cette même roue fait tourner le pignon *g* sur l'arbre de la troisième roue *h*, mais avec désavantage; car la force qu'elle communique au pignon *i*, sur l'arbre de la roue de rencontre, diminue encore dans le rapport du diamètre de la roue à celui de son pignon. Ainsi la force du grand ressort va toujours diminuant; et quand la roue de rencontre se met en mouvement, elle a précisément la force nécessaire pour faire marcher le pignon horizontal placé au-dessus d'elle, en sorte que l'impulsion alternative donnée par ses dents aux palettes de la verge du balancier suffit pour perpétuer l'oscillation de droite à gauche, malgré la résistance du frottement et celle de l'air. C'est une chose fort curieuse que l'échappement à recul dit à roue de rencontre ou à *verge*, quoique le plus ancien que nous connaissions, soit encore celui qui est en usage dans les montres communes, ce qui probablement est dû à la facilité avec laquelle on le construit; car il est certainement bien plus exposé à l'influence des irrégularités de la force du grand ressort que tout autre échappement.

Pour que la force qui agit à chaque oscillation sur les palettes de la verge ne varie pas sensiblement, on a jugé à propos d'égaliser, autant que possible, les forces

variables du grand ressort dans les différents degrés de tension, et le meilleur moyen d'y parvenir a été de convertir le cylindre placé sur l'arbre de la grande roue en une figure de forme parabolique, c'est-à-dire en un solide engendré par la révolution d'une parabole; de cette façon, la force du ressort augmentant avec sa tension, son action sur la grande roue diminue dans la même proportion, en raison de la diminution progressive du rayon de la fusée autour de laquelle se roule la chaîne, pour communiquer la force ainsi modifiée. Chaque ressort séparé a donc non seulement sa force isolée proportionnée à l'effet qu'il est destiné à produire; mais il faut que son échelle de variation de force soit exactement contrebalancée dans tous les degrés de tension par la forme de la fusée; ce que l'on fait à l'aide d'un outil qu'on appelle outil à ajuster la fusée, et qui n'est autre qu'un levier avec un poids attaché au bout carré de la fusée. En effet, lorsque le poids sur le levier fait parfaitement équilibre à la force du grand ressort dans tous les points des révolutions successives de la fusée, puisqu'au lieu de clef c'est un levier qui monte le ressort, la forme de la fusée est convenable; c'est pour cela que, toutes les fois qu'on met un grand ressort neuf à une montre, on doit ajuster la fusée dans la machine à fusée, lorsque l'outil à ajuster le permet.

Les forces comparatives du ressort aux extrémités de la fusée peuvent être ajustées ou réglées par le petit rochet *c*, placé derrière la grande platine; mais quand le ressort a le degré de tension nécessaire pour agir également aux deux extrémités de la fusée, il ne faut pas qu'elle soit altérée par le cliquet des rochets; il faut alors égaliser les forces intermédiaires en donnant à la fusée une forme convenable. Nous ne nous sommes arrêtés si longtemps sur cette partie du mécanisme que parce qu'étant le premier moteur, elle est la base de tous les autres mouvements. Le nombre de tours que doit avoir la spirale de la fusée parabolique dépend de la longueur du mécanisme, ou, ce qui est la même chose, de l'épaisseur de la montre.

Dans une montre de 36 heures, avec une fusée de 6 tours, la grande roue doit avoir cinq fois autant de dents que le pignon du centre; de sorte que si ce pignon en a 6, la roue doit en avoir $5 \times 6 = 30$, s'il en a 8, elle doit avoir $5 \times 8 = 40$ dents; si la spirale a 7 tours, la grande roue 48 et le pignon 12, alors le temps pendant lequel elle ira sera $4 \times 7 = 28$ heures; comme aussi, s'il y a 5 tours sur la fusée, 50 dents à la roue et 10 au pignon, la montre ira 27 heures; mais si on voulait ne la faire aller que pendant 24 heures, avec 6 tours et un pignon de 12 dents, il faudrait que la grande roue en eût 48.

Ainsi, quand on fait un changement, soit dans le pignon, soit dans la roue, ou bien dans les tours de la fusée, on doit faire dans les autres pièces une modification correspondante pour faire aller la montre pendant le même temps; mais toujours faut-il que la roue du centre tourne une fois par heure. Dans les montres communes, ces pignons n'ont que 6 dents chacun, et ne vont pas aussi bien que les pignons qui ont un plus grand nombre de dents. Dans les bonnes montres et dans tous les chronomètres, les dents des roues et des pignons sont plus nombreuses. Dans les montres soignées, les pivots, surtout ceux de la verge et de l'arbre d'échappement, tournent sur des diamants, rubis, ou autres pierres dures, afin de diminuer le frottement.

Les potences *m* et *n*, qui tiennent les pivots de la roue de rencontre, sont vissées à la platine de dessus; mais on ne voit point les ressorts, les boutons et les charnières de la boîte, parce qu'ils ne font pas partie du mouvement.

Enfin, une roue à clef engrenant avec un râteau à rochet portant un appendice qui embrasse l'extrémité extérieure du ressort du balancier, permet, selon que l'on fait tourner la clef en avant ou en arrière, vers les lettres initiales R et A, des mots *retard* ou *avance*, tracées sur un petit cadran sur lequel se meut une aiguille montée sur l'axe de la clef, de diminuer ou d'augmenter la longueur effective du ressort-spiral, et, par suite, de modifier la vitesse de la montre jusqu'à ce que l'on arrive par tâtonnement à donner au ressort la longueur exacte qui convient à la température. Ce mécanisme, généralement employé dans les montres communes, est tout à fait inutile pour les montres marines et les chronomètres, où l'on fait usage de balanciers compensateurs.

La partie de la montre qui fera l'objet de notre dernière explication est le cadran servant à indiquer les heures et les minutes; ceci sera facile à comprendre en jetant les yeux sur la fig. 1135. Lorsque le pignon dit *chaussée*, qui est près de l'aiguille des minutes, est fixé à l'arbre de la roue du centre, il tourne avec elle dans une heure, et reçoit l'aiguille des minutes sur le bout carré sortant; ce pignon fait tourner la roue x, et avec elle un pignon w fixé à son centre, lequel pignon fait aussi tourner en 12 heures une seconde roue v montée sur un axe creux extérieur à celui qui porte l'aiguille des minutes; c'est sur cet axe que tient l'aiguille des heures. Cette diminution de douze révolutions, depuis la chaussée jusqu'à la roue des heures, pourrait s'effectuer par un pignon qui mettrait en mouvement une seule roue qui aurait douze fois son nombre de dents; mais, comme le mouvement doit être ramené au centre du cadran, il faut y intercaler deux roues de plus, ou une roue et un pignon : c'est donc, entre la roue et le pignon, le rapport de douze à un qu'on peut obtenir aisément sans se servir d'une grande roue et d'un petit pignon. Ainsi, supposons que le pignon dit chaussée ait 15 dents, la roue x peut en avoir $4 \times 15 = 60$, et si la roue v est de même dimension, son pignon en aura les 4/12e ou 20; de sorte que lorsque les pignons sont fixés pour le cadran, on a bientôt déterminé les roues, et *vice versâ*.

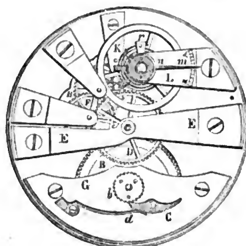
Montres à cylindres. Comme chacun le sait, les montres ne se construisent plus aujourd'hui sur le modèle de celle que nous venons de décrire. L'échappement à cylindre qui demande peu de hauteur a remplacé l'échappement à palettes, et en donnant une précision plus grande a permis, en augmentant la longueur du ressort moteur, de supprimer la fusée, qui, dans la pratique, était aussi souvent cause d'irrégularité que de régularité. C'est le célèbre Bréguet qui a attaché son nom à ce grand progrès accompli dans l'horlogerie civile, et a donné les formes de construction simples et élégantes qui constituent les montres plates, auprès desquelles les anciennes paraissent lourdes et disgracieuses.

La fig. 1134 *bis* représente le mouvement d'une montre moderne vue par dessus. On voit que la platine supérieure n'existe plus et que les axes des roues sont maintenus par la platine inférieure d'une part, et de l'autre par des ponts montés sur cette platine.

B est le barillet renfermant le ressort moteur et portant 80 dents, son axe est guidé par le pont C. Le rochet *b*, maintenu par un doigt pressé par le ressort *d*, est assemblé avec l'arbre du barillet et l'empêche de retourner en arrière lorsqu'on remonte le grand ressort à l'aide du carré placé au centre.

La grande roue moyenne D est la plus élevée de toutes. Son axe est porté par le pont E, qui traverse complètement la montre et forme un assemblage solide. Le pont I, reçoit le pivot supérieur du balancier et porte la raquette *m n*, qui tourne à frottement doux autour de ce pivot. Le spiral fixé en *r* est en outre passé entre deux chevilles placées en *o* à l'extrémité de la raquette; le con-

tact de ces chevilles détermine la longueur du ressort spiral qui vibre ; et, par suite, permet d'obtenir ainsi les



1134 *bis*.

corrections que le mouvement de la montre ferait désirer.

Le pivot de la roue d'échappement roule dans le pont K, et le cylindre est sur l'axe même du balancier.

Une des conditions essentielles de la régularité des montres, le moyen le plus certain de les rendre peu impressionnables à tous les petits accidents qu'elles peuvent éprouver dans l'usage civil, consiste à donner une vitesse assez grande au balancier. Dans le système représenté dans la figure, il est facile de calculer que le nombre de ses vibrations s'élève à 18,000 par heure. En effet le barillet B a 80 dents; la grande roue moyenne D a 64 dents, son pignon (monté sur le même axe et qui engrène avec le barillet) a 10 ailes; la petite roue moyenne F a 60 dents, son pignon 8 ailes; la roue de champ H a pareillement 60 dents, son pignon 8 ailes; enfin la roue d'échappement a 15 dents et son pignon 6 ailes.

Ce qui précède suffit pour donner une idée des perfectionnements qui ont été apportés à la fabrication des montres; il va sans dire que, malgré cela, elles ne constituent qu'un appareil assez imparfait. Les conditions de précision plus grande mènent à les transformer en CHRONOMÈTRES, et nous n'avons rien à ajouter à l'article si complet du maître de la science que nous avons donné, relativement à la construction de ces appareils de haute précision.

Horloges. Les progrès de la construction des horloges destinées à orner les édifices publics ont été rapides en France depuis quelques années. Les ressources de la construction mécanique ont été appliquées avec succès à l'établissement de ces appareils, de manière à en diminuer le prix et à le rendre abordable pour les communes les moins riches. En même temps de meilleures dispositions en ont rendu les résultats plus certains.

Parmi les nombreuses inventions (dont plusieurs sont dues à M. Wagner neveu) qui ont amené à améliorer les horloges et à en abaisser le prix, nous citerons :

1° La simplification de l'appareil de compensation du pendule. Celui-ci, composé d'une simple tige en fer supportant une lentille, est soutenu par une lame de ressort passant librement dans une fente qui détermine le point de suspension. Cette lame est élevée ou abaissée par un levier courbe fixé a une pièce en fer, et poussée par une lame de cuivre qui se dilate en s'appuyant sur un talon de la pièce en fer.

2° L'assemblage de la plus grande partie des pièces sur un bâti en fonte, dans les entailles duquel les coussinets et les axes viennent se placer presque sans travail d'ajustement.

3° La diminution des parties de l'appareil qui sert à la mesure du temps et par suite accroissement de précision; et cela sans diminuer les proportions des sonneries qu'il s'agit surtout, le plus souvent, d'avoir très fortes, sans l'inconvénient de réactions fâcheuses de ces deux parties de l'appareil mises en rapport par des roues dentées et des vis sans fin.

4° L'adoption générale de l'échappement à chevilles perfectionné, soit pour éviter les ruptures possibles, soit surtout pour diminuer l'usure, par le perfectionnement dû à M. Vulliamy, habile horloger de Londres, de construire les palettes de l'échappement avec une certaine mobilité, de telle sorte que les chevilles, qui ne peuvent être toutes absolument parallèles entre elles, s'appliquent sans produire d'usure sur des pièces qui, toujours en action, sont les premières usées. L'horloge de Windsor, établie d'après ce système, a donné d'admirables résultats.

Remontoirs à force constante. La condition essentielle de la régularité du mouvement des appareils d'horlogerie est que la force motrice soit constante. Cette condition est remplie tout naturellement par les horloges à poids, puisque la force motrice est un poids toujours constant, sauf toutefois le poids minime de la corde plus ou moins déroulée qui supporte le poids. Aussi les horloges à poids bien établies, telles que les horloges astronomiques, ont-elles une admirable régularité, et souvent même des horloges en bois, mal construites, ont-elles une marche bien préférable à celle des montres et appareils où le moteur est un ressort établi par des artistes d'un grand mérite.

Pour obtenir une grande régularité dans les appareils où un poids modéré avec une course convenable ne suffit plus, où les frottements sont considérables, ou bien ceux où le moteur est un ressort, il faudrait rendre le mouvement indépendant en chaque instant des variations de la force motrice, employer le moteur à remonter un poids, à tendre un ressort devant servir pour un certain nombre de coups du pendule, le reste de l'action du moteur principal ne pouvant plus agir sur la partie du système qui sert à la mesure du temps. Ce système constitue ce qu'on appelle un remontoir, et c'est le célèbre Leibnitz qui, le premier, démontra la possibilité d'établir de semblables moyens d'obtenir une force motrice constante. Les systèmes de remontoir varient dans la plupart des horloges suivant les constructeurs; aussi nous contenterons-nous de dire qu'il consiste toujours en un petit poids moteur que la force motrice remonte à une hauteur qui ne peut être dépassée.

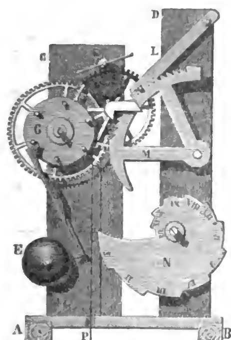
Il importait surtout d'établir un semblable système pour les pendules à ressort ; c'était la voie la plus essentielle du perfectionnement à tenter aujourd'hui pour faire faire de nouveaux progrès aux CHRONOMÈTRES. Un semblable résultat a été obtenu pour les pendules à ressort par un habile horloger, M. Boussard, dont le système a été décrit par M. Dumery dans le Bulletin de la Société d'encouragement.

M. Boussard a transformé les deux barillets de même puissance qui garnissent ordinairement les mouvements du commerce, en deux barillets de puissance très différente. Ainsi l'un de ces barillets est très fort, le deuxième barillet, au contraire, est réduit aux dimensions du barillet d'une grosse montre ; il est placé en porte à faux sur le prolongement de l'axe du premier mobile de la sonnerie, qui est en communication directe avec la denture du gros barillet. Le petit barillet n'a mission que de mouvoir les aiguilles, tandis que le gros doit, d'une part, actionner la sonnerie, et, d'autre part, remonter le petit barillet chaque fois que la sonnerie fonctionne. Dans ce mécanisme, la constance des ef-

forts, envisagée par période de douze heures, est absolue, et l'uniformité et la régularité des pressions sont circonscrites dans moins d'un douzième du développement d'un ressort, qui donne de bons résultats dans une montre où il se développe des six tours entiers.

Cet admirable résultat d'un remontage limité, quel que soit le nombre de coups frappés, a été obtenu par un mécanisme très simple, qui consiste à rendre à volonté l'axe du petit barillet indépendant de la bande ou noix d'arrêtage. Cette noix d'arrêtage porte d'un côté le rochet de retenue, et de l'autre le petit déclic qui isole le ressort dès qu'on veut lui faire dépasser le point déterminé auquel il doit fonctionner; en sorte que, quoi qu'on fasse extérieurement, le ressort du mouvement est toujours tendu au même point et fonctionne dans les mêmes limites de développement.

Sonneries. Nous prendrons pour bien analyser les principes des sonneries un modèle représenté figure 1134 *ter*, et donné par M. Willis de Cambridge. Le mécanisme repose sur deux montants C, D, porté



1134 *ter*.

sur les pieds A, B. Le montant de gauche C sert à porter les axes sur lesquels les rouages sont montés, ainsi que le marteau F et le timbre E. Le pilier de droite D porte le limaçon N, le râteau M et la détente L. Le rateau a une saillie à l'extrémité inférieure qui repose sur une entaille du limaçon, quand il tombe. La détente ici est de la plus simple construction, consistant principalement en un levier tournant librement autour d'une vis à l'extrémité supérieure qui repose sur la dent du râteau. Cette pièce doit être soulevée par le rouage des heures.

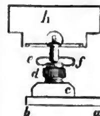
L'axe le plus bas porte une roue de 120 dents et un barillet de bois dur de 15 centimètres de diamètre et d'un pouce d'épaisseur (dans le modèle, des cordes mettent ce barillet en mouvement). Sur la face antérieure est vissé un cercle de fer G muni de six chevilles, qui agissent sur la queue du marteau.

Le marteau F tourne sur un axe de longueur convenable; au centre de rotation sont fixés les ressorts qui relèvent le marteau (ce n'est pas indiqué sur la gravure). Le timbre E est monté sur une tige.

La roue de 120 dents derrière G, engrène avec un pignon de 20 fixé à l'axe à pivot qui est auprès H. Cet axe porte en avant du pignon une roue de 108, ainsi qu'un crochet.

On comprend facilement comment, lorsqu'une cheville placée sur la roue des heures a fait partir la détente, la sonnerie opère en raison de l'enfoncement du râteau, qui est en raison du nombre de coups à frapper, ou du nombre de dents du râteau qui sont passées devant la roue H; par suite du nombre de tours de celle-ci, qui seront nécessaires pour que le crochet placé sur son axe, engrenant avec les dents du râteau, ramène celui-ci à sa position initiale, où l'on suppose que la sonnerie ne marche plus, moyen différent de celui de la pratique, mais qui fait comprendre les systèmes divers qui peuvent être employés. C'est à l'aide de détentes de formes diverses que l'on fait remonter le râteau et arrêter les rouages de la sonnerie.

Le volant K est porté par un axe au haut du pilier C, son arrangement particulier est montré dans la fig. 1134 *quater*, qui est une vue du volant, etc., *ab* est la base; *c* une embase, à laquelle est fixée une tige. L'axe porte deux parties séparées : la première, qui est près de la cheville, est un pivot court de la forme ordinaire, de 3 centimètres de diamètre, sur lequel un pignon *d* de 12 dents est fixé, et engrène avec la roue de 108.



1134 *quater*.

En avant de celle-ci est fixé un ressort à deux branches auquel est rivé le volant. Ce volant, large de 12 centimètres et haut de 8, est placé assez en avant pour pouvoir tourner en dehors du mécanisme. Il a une ouverture demi-circulaire qui permet à l'extrémité de l'axe de sortir et de recevoir une goupille qui maintient l'assemblage. L'axe porte deux ressorts *e* et *f* qui y sont rivés et courbés en arrière, comme on voit, de façon à appuyer contre le pignon qui porte des entailles. Ainsi quand le pignon tourne, la pression des ressorts le rend capable d'entraîner avec lui le volant; mais quand le train est arrêté par l'aile, le volant peut continuer d'agir seul.

Pendules à équation. Nous avons vu à l'article DIFFÉRENTIEL l'emploi des courbes pour représenter des lois compliquées (comme aussi la détermination du nombre des dents de roues pour établir des rapports quelconques de vitesse entre deux arbres). Nous ne reviendrons pas ici sur ces questions, les plus difficiles de la haute horlogerie. Nous remarquerons seulement que la question de l'établissement des sonneries est du même ordre, et qu'il permet, par des courbes convenablement tracées, de reproduire des lois complexes. Nous avons dit à MACHINE A CALCULER comment M. Babbage avait employé une disposition semblable par des horloges successives, pour combiner une machine à calculer qui donnait quelques résultats curieux.

Horloges électriques. Puisque l'électricité transmet les mouvements avec une instantanéité absolue, les procédés analogues à ceux que nous étudions à l'article TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE, serviront avec la plus grande facilité à transmettre les oscillations d'une pendule à seconde, la marche d'une horloge ordinaire. Un système adapté au pendule établissant et détruisant les communications, les contacts à chaque oscillation, suffira pour faire marcher des aiguilles de seconde à l'aide d'un électro-aimant et d'un petit encliquetage, et par suite des horloges en aussi grand nombre et à telle distance qu'on voudra.

Le problème est donc identiquement le même que celui de la télégraphie : établir les contacts convenablement, éviter les aimantations partielles, et par suite les adhérences, etc. Nous traiterons toutes ces questions à propos de la télégraphie; nous n'avons dû ici

que les rappeler; en réalité ces appareils sont à étudier bien plus au point de vue de l'électricité qu'à celui de l'horlogerie.

HOUBLON. Voyez **BIÈRE**.

HOUILLE; **CHARBON DE TERRE** (*angl.* pitcoal, *all.* steinkohle). Nous avons déjà parlé de la nature et de l'emploi des combustibles minéraux, aux articles **CARBONISATION** et **COMBUSTIBLES**, de sorte qu'il ne nous reste plus qu'à indiquer les circonstances principales de leur gisement dans le sein de la terre, ainsi que les méthodes d'exploitation qui leur sont propres, en renvoyant du reste, pour compléter cet article, au mot **MINES**.



1136

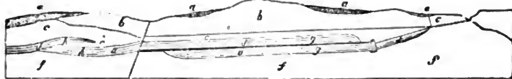
L'anthracite, la houille et le lignite se trouvent toujours en couches intercalées dans les différents étages des terrains de sédiment, et jamais en filons comme la plupart des substances métallifères, de sorte que ce que nous dirons ici de la houille pourra s'appliquer, à de faibles modifications près, aux autres combustibles minéraux, à l'exception de la **TOURBE** qui est plutôt un combustible végétal, et dont nous décrirons l'extraction dans un article particulier.



1135. 1137.

La houille proprement dite appartient à un terrain particulier nommé pour cette raison *terrain houiller*, qui repose généralement à stratification discordante, sur les terrains de transition ou même sur les terrains primitifs, et qui est principalement composé de couches alternantes de houille, de grès, de schistes et quelquefois de minerais de fer.

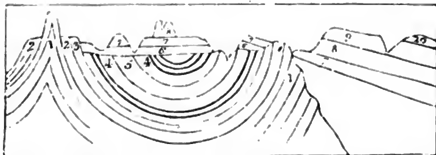
Les couches de houille sont rarement isolées; un même terrain en renferme ordinairement un certain nombre, qui sont parallèles et séparées par des couches de grès ou de schistes. La fig. 1135 est une coupe verticale du bassin houiller de Dudley (Angleterre), dont la seule couche supérieure a 10^{m} d'épaisseur, et a été reconnue sur une longueur de 6 kilom. et une largeur de 3. La fig. 1136 donne une coupe verticale du bassin houiller du Clackmannshire (Écosse) qui, sur une profondeur de 225^{m}, ne présente pas moins de 142 couches alternantes et parallèles, parmi lesquelles on compte 24 couches de houille, dont la puissance totale est de 18^{m}, la plus faible présentant une épaisseur de 0^{m},05, et la plus puissante une épaisseur de 3^{m}. Enfin la fig. 1137 représente la coupe du terrain houiller de Johnstone, dans le Renfrewshire, qui renferme de 5 à 10 couches séparées seulement les unes des autres, par de faibles lits d'argile durcie, et dont la puissance totale est d'environ 32^{m}. Dans quelques points ces couches semblent avoir glissé les unes sur les autres comme l'indique le profil de la mine de Quarrelton dans ce district (fig. 1138) : *a*, alluvions; *b*, couche de trapp; *c*, couches alternantes de grès et de schistes : *d*, couches de houille; *e*, trapp dans une position mal déterminée; *f*, couches du terrain houiller, entre lesquelles on n'a pas trouvé de couches de houille intercalées; *g*, couches de houille qui se pénètrent; *h*, couches de houille qui se recouvrent.



1138.

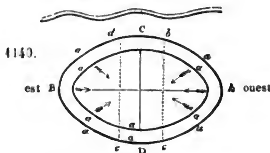
Si l'on ne considère une couche de houille que sur une petite étendue, elle paraîtra comprise entre deux plans parallèles ; mais en l'étudiant sur une grande portion de terrain, on ne tardera pas à reconnaître que les surfaces, qui nous avaient d'abord paru parfaitement planes, sont courbées et repliées dans tous les sens. Les bancs de grès, de poudingues ou de schistes, dans lesquels la houille se trouve intercalée, présentent les mêmes inflexions. Les couches de houille paraissant le plus communément moulées sur une dépression, on a donné aux dépôts carbonifères le nom de *bassins houillers*.

La fig. 1139, qui est une coupe du bassin houiller au nord de Malmsbury, montre cette disposition en forme de bassin : 1, vieux grès rouge; 2, calcaire carbonifère; 3, assises de grès dit millstone grit; 4, 4, couches de houille; 5, couches de grès et schistes houillers; 6, nouveau grès rouge; 7, lias; 8, oolithe inférieure; 9, grande oolithe; 10, calcaire grossier et très coquiller, dit cornbrash et forest marble.



1139.

La fig. 1140, qui représente le bassin houiller de Blairengone dans le comté de Perth, est également un exemple remarquable de cette disposition en bassin : la ligne sinueuse est la rivière Devon; A B C D, l'affleurement de la couche inférieure de charbon; l'ellipse intérieure, l'affleurement de la couche supérieure; ces deux couches plongent dans le sens indiqué par les



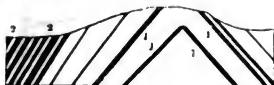
1140.

1141.

1142.

flèches ; la fig. 1141 est une coupe du bassin suivant A B ; et la fig. 1142, une coupe suivant C D.

Quelquefois cependant, les couches de houille, au lieu de former un bassin, ont été postérieurement soulevées en forme de selle, comme le montre le profil ci-joint (fig. 1143) du terrain houiller du Staffordshire près de Castlehill.

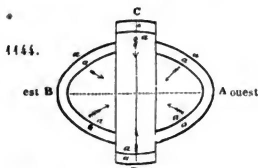


1143.

Outre le contournement si fréquent des couches, le terrain houiller présente souvent des fentes qui portent le nom de *failles*, lorsqu'elles ont une épaisseur à peine appréciable, et de *dykes*, dans le cas contraire : elles sont alors remplies, soit d'une roche ignée que l'on peut supposer avoir été injectée à l'état liquide ou pâteux de bas en haut, soit de débris des terrains avoisinants. Ces fentes rejettent les couches de terrain, de sorte qu'en les traversant on retrouve, de l'autre côté, des couches supérieures ou inférieures à celles que l'on vient de quitter ; si le rejet est faible et ne dépasse pas l'épaisseur de la couche, on lui donne le nom de *ressaut;* dans tous les cas, l'expérience a démontré qu'il a généralement lieu de telle sorte, que le *toit* de la faille ou du dyke a glissé sur le *mur*, ce qui conduit à rechercher la couche rejetée, dans l'angle obtus formé par la direction de la couche et celle du plan de la faille.

Ainsi, si l'on suppose dans le bassin houiller de Blairengone (fig. 1140 à 1142) deux failles convergentes dont les affleurements soient dirigés suivant les lignes ponctuées *b c*, *d e*, les couches auront été rejetées de haut en bas, dans l'intervalle de ces deux failles, comme l'indiquent les fig. 1144 à 1146.

1144.



1145.



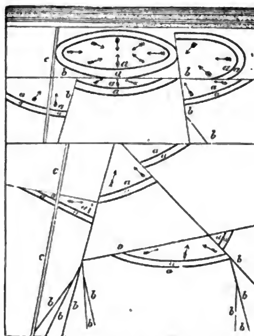
1146.



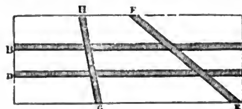
La fig. 1147 représente le plan d'un bassin houiller renfermant deux couches de houille *a*, *a*, qui sont rejetées dans diverses positions par un grand nombre de failles *b*, *b*; des dykes *c*, *c*, coupent aussi ces couches, mais sans les rejeter, ce qui arrive quelquefois aux dykes, surtout lorsqu'ils sont perpendiculaires au plan des couches, comme l'indiquent les fig. 1148 et 1149, mais jamais aux failles.

Les fig. 1150 et 1151 donnent le plan et la coupe du bassin houiller du Clackmannshire qui est elliptique et séparé en trois portions par deux grandes failles *x*, *y* ; les couches qui le composent se relèvent en *b*, pour

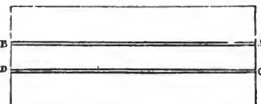
1147



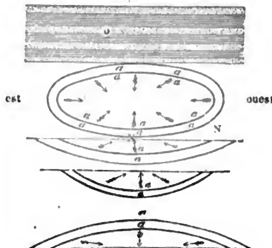
1148.



1149.

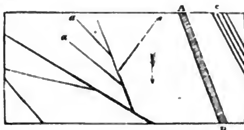


1150.



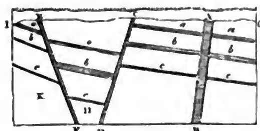
1151.

s'appuyer contre le terrain de transition qui constitue la chaîne des montagnes Ochill. A l'extrémité du bassin, les couches sont relevées par une proéminence du terrain inférieur, et se repliant sur cette proéminence sous forme de *selle*, prennent une inclinaison en sens inverse de celle qu'elles avaient, comme l'indiquent les flèches.



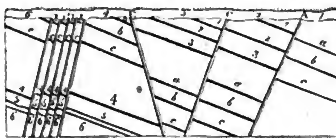
1152.

La fig. 1152 donne le plan d'un bassin houiller coupé par un dyke AB, des ressauts *c*, et divers systèmes de failles *a*, *a*.



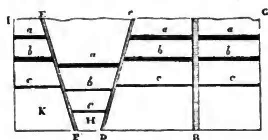
1153.

La fig. 1153 est un profil normal à la direction d'un terrain houiller qui renferme trois couches *a*, *b*, *c*, et qui est coupé par deux failles CD, EF, qui rejettent les couches, et par un dyke AB, normal à leur plan, qui les traverse sans les dévier.



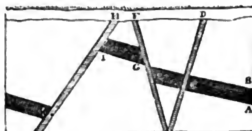
1154.

La figure 1154 est un autre exemple du rejet des couches par des failles AB, CD, EF, et des ressauts d'inclinaisons variables, qui divisent le terrain en six régions, dont chacune présente des couches de houille que l'on retrouve à une profondeur différente dans les autres régions, ou même qui n'y existent pas.



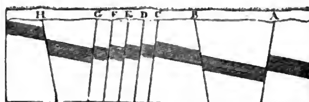
1155.

La figure 1155 est un exemple du rejet de couches horizontales *a*, *b*, *c*, par des failles CD, EF, suivant la loi que nous avons indiquée; ces couches sont, en outre, traversées par un dyke vertical B, qui ne les rejette pas.



1156.

La figure 1156 indique deux ressauts et un rejet produits, dans le filon ABCEGIK, par trois failles CD, EF, HK.



1157.

Enfin, la figure 1157 nous représente une série de ressauts produits dans une couche de houille par plusieurs failles qui la coupent sous des angles voisins de 90°.

Nous avons déjà dit que les dykes étaient remplis, soit de roches ignées, soit de sables et de débris de terrains sédimentaires. Les dykes de sables sont fort dangereux par les amas d'eau qu'ils renferment; ils sont fréquemment la cause d'inondations, qui exigent des moyens d'épuisement très puissants. On trouve souvent aussi à l'approche des failles de grands amas d'eau ou de gaz inflammables.

Lorsque les dykes sont composés de sable coulant, d'argile ou de débris du terrain houiller, il est rare que la houille qui les avoisine soit notablement altérée; les dykes remplis de roches ignées, au contraire, produisent dans la nature des houilles des altérations plus sensibles. Dans ce dernier cas, et jusqu'à une distance variable du dyke, le charbon perd son éclat, devient noir mat, et enfin se change, près du dyke, en un véritable coke, très fortement calciné, qui ne peut s'enflammer, et qui a la plus grande analogie avec le coke et le charbon que l'on retire par le creuset des hauts-fourneaux; il passe quelquefois à l'anthracite.

Outre les accidents que nous venons de signaler, il en est de plus locaux, qui portent le nom de *brouillages*. Outre les brouillages qui altèrent la qualité de la houille, soit dans sa nature même, soit par un mélange intime et en forte proportion de matières terreuses, pierreuses ou pyriteuses, nous citerons les suivants :

Pierres en bancs irréguliers. De simples fissures parallèles à la stratification, et d'abord à peine perceptibles, croissent peu à peu, de manière à atteindre quelquefois plusieurs mètres; et alors les portions de couches séparées par les bancs de pierres, ou sont abandonnées comme étant sans valeur, ou sont exploitées isolément.

1158  1159 

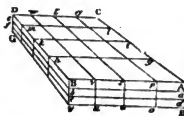
Contact du toit et du mur. Cet accident, heureuse-

ment fort rare, consiste en un rapprochement graduel du toit et du mur, comme l'indiquent le profil, figure 1158, et le plan, figure 1159, de telle façon que la couche de houille finit par disparaître entièrement sur une certaine longueur.

Enfin, nous dirons un mot des *culs de lampe*, masses pierreuses ou argileuses, placées au toit, dont les faces sont généralement très unies et sillonnées dans le sens vertical, de sorte qu'elles n'ont qu'une très faible adhérence avec le toit, dont elles se détachent avec la plus grande facilité et souvent spontanément, lors de l'exploitation, en ne donnant que trop fréquemment lieu, par leur chute, à de graves accidents, lorsque leur volume est un peu considérable. Le mineur s'aperçoit ordinairement de l'approche des culs de lampe par la dureté et la compacité qu'acquiert le charbon, et qui se maintiennent jusqu'à ce qu'on ait dépassé la partie altérée du toit.

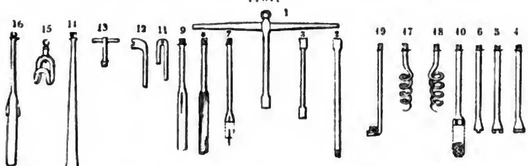
Les couches de houille sont sillonnées par un grand nombre de systèmes de fissures, dont la disposition et la nature ont une grande influence sur la facilité de l'exploitation et la proportion de charbon gros et menu que l'on en retire. Les principales fissures sont celles parallèles au toit et au mur, et celles qui, leur étant perpendiculaires, sont parallèles, soit à la direction, soit à l'inclinaison de la couche.

Soit, par exemple, ABCDEFG (figure 1160), une partie d'une couche de houille; ABCD, le toit, et EFG, le mur. *abc*, *def*, seront des fissures de stratification; *ml*, *ki*, *hg*, des fissures de direction; et *opq*, *rst*, *uvw*, des fissures ou joints d'inclinaison.

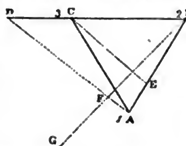

1160.

Exploration du terrain houiller. Lorsqu'on se trouve dans un pays où il n'existe pas encore de mines de houille, il faut d'abord, en étudiant la constitution géologique de ce pays, chercher à y reconnaître la présence du terrain houiller, s'il est à nu, et l'épaisseur des *terrains morts* qui le recouvrent, s'il plonge sous une formation plus récente. Lorsqu'on a ainsi constaté son existence, il est nécessaire de s'assurer qu'il renferme des couches de houille exploitables, reconnaître leur direction, leur nombre, leur puissance, et la profondeur des puits qu'il faut foncer pour les atteindre. C'est ce qu'on fait au moyen de plusieurs trous de sonde, que l'on fait faire ordinairement à l'entreprise par des ouvriers particuliers payés à prix fait par mètre courant, et tenant un journal de la nature des diverses couches que l'on traverse, et de la profondeur à laquelle on les rencontre. Les outils dont ils se servent, et dont nous décrirons la manœuvre à l'article SONDAGE, sont les suivants (fig. 1161) : 1, tête de sonde à main; 2, tige de sonde ordinaire; 3, tige de rallonge; 4, trépan ou ciseau ordinaire; 5 et 6, autres trépans; 7, trépan en croix; 8, tarière ordinaire; 9, tarière à glaise; 10, alésoir; 11, tourne à gauche pour soutenir les tiges à l'orifice du trou, lorsqu'on remonte la sonde; 12, clef pour assembler et désassembler les tiges; 13, tête de sonde ordinaire, qui se fixe au pied de bœuf 15; 14, cloche à écrou servant à retirer les tiges cassées; 17 et 18 caracoles; 19, clef de relevée.

1161.



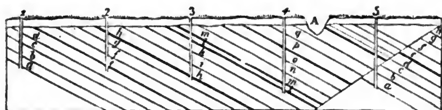
Lorsqu'on ne connaît pas la direction générale des couches du terrain houiller, on pratique trois trous de sonde formant un triangle que l'on continue jusqu'à ce que chacun d'eux ait rencontré une même couche de ce terrain; connaissant les profondeurs auxquelles cette rencontre a lieu pour chacun de ces trous et la position respective de ceux-ci par un levé de plan et un nivellement à la surface, on peut aisément déterminer la *direction* générale des couches, c'est-à-dire la direction de l'intersection de leur plan avec un plan horizontal, et leur inclinaison sur ce même plan. Soient, par exemple, A, B, C (fig. 1162), trois trous de sonde dont les orifices sont situés au même niveau et forment un triangle équilatéral, dont le côté soit égal à *d*; soient *a*, *b*, *c*, les profondeurs auxquelles ces trous atteignent une même couche de houille; *a* étant plus grand que *c*, et *c* plus grand que *b*; la différence de niveau de la couche de B en A est de *a*—*b* et de B en C, *c*—*b*, de sorte que si l'on fonce un trou de sonde au point E, tel que l'on ait B E : *d* :: *c*—*b* : *a*—*b*, ce trou rencontrera la couche à la profondeur *c*. De même, le trou de sonde foncé en D, sur B C, et tel que B D : *d* :: *a*—*b* : *c*—*b*, rencontrera la couche à la profondeur *a*. Les lignes A D, C E, ainsi déterminées seront parallèles entre elles et à la direction de la couche, et leur perpendiculaire B F G, sera parallèle à l'inclinaison de la couche. Maintenant, comme dans le triangle A B D on connaît deux côtés A B, B D, et l'angle compris, on pourra calculer l'angle B A D, et par suite B E qui est égal à *d* sin. B A D; F étant sur la ligne de direction A D, un trou percé en ce point rencontrera la couche à une profondeur = *a*, et le sinus de l'inclinaison de la couche sur l'horizon sera égal au quotient de *a*—*b* par B E. Tous les éléments de la couche seront donc ainsi déterminés.



1162.

Cela fait, on reconnaît la position des couches de charbon, et les failles ou rejets, soit au moyen des affleurements que l'on découvre dans les escarpements A (fig. 1163), soit au moyen d'une série de trous de sonde également espacés et placés en ligne droite dans un plan normal à la direction des couches. Supposons qu'un premier trou de sonde 1 rencontre une couche de houille à la profondeur de 60^m, et qu'on s'arrête à cette profondeur. Si l'inclinaison des couches est de 1/3,

l'espacement des divers trous de sonde devra être au plus de trois fois 60m ou 180m, pour qu'on reconnaisse tout le terrain. Les trous de sonde étant placés à cette distance les uns des autres, les couches déjà rencon-

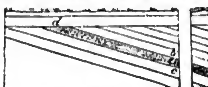


1163.

trées dans un des trous, le n° 3, par exemple, devront se rencontrer dans le trou suivant, le n° 4 (en suivant l'inclinaison), à un niveau inférieur de 60m, si cela n'a pas lieu, comme dans le n° 5, ce sera dû à l'existence d'une faille qui aura rejeté les couches vers le bas ou le haut, ce dont on jugera par la nature des couches traversées.

Puits et galeries à travers bancs. Le terrain étant exploré, on rejoint la couche à exploiter par un puits ou une galerie à travers bancs, suivant les circonstances. Dans les pays de plaine, on fonce toujours des puits; dans les pays de montagnes, on pratique des galeries servant en même temps pour l'écoulement des eaux et pour l'exploitation des portions de couches situées au-dessus du fond des vallées, et des puits pour atteindre le combustible minéral à un niveau inférieur.

Les puits ou galeries à travers bancs rencontrent d'ailleurs généralement plusieurs couches de houille parallèles comme l'indiquent les figures 1164 et 1165. Il faut avoir soin à cet effet de pousser, autant que possible, les galeries à travers bancs dans un plan normal à la direction des couches.



1165.

temps à l'extraction des déblais et des eaux; on laisse ensuite remonter l'eau qui s'écoule par l'orifice du puits B C, et la mine se trouve ainsi asséchée jusqu'au niveau B G.

Pour retenir en partie les eaux de la surface et les terrains meubles qui la composent, on forme, à l'orifice du puits, un cône renversé (fig. 1167), qui se prolonge jusqu'à une couche solide et imperméable, et on remplit le vide qui existe entre les parois et la maçonnerie cylindrique du puits avec de l'argile bien tassée.

Nous n'entrerons pas ici dans les détails du foncement des puits et galeries, pour lesquels nous renverrons à l'art. MINES, afin de ne pas faire double emploi.



1168.

L'épuisement des eaux se fait au moyen de *pompes élévatoires* A (fig. 1168), supportées par des palans et que l'on descend au fur et à mesure de l'approfondissement des puits. Lorsque ceux-ci sont achevés, on emploie tantôt des pompes élévatoires, tantôt des pompes à plongeur (plunger-pumps), et l'on soutient les colonnes de tuyaux, au moyen de crampons (fig. 1169), qui se fixent contre les parois des puits.

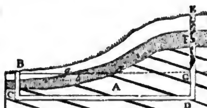


1169.

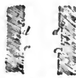
Quand le terrain est solide et donne peu d'eau, on laisse les parois des puits à nu; lorsque le terrain est peu solide et donne peu d'eau, on a recours pour maintenir la poussée au muraillement en briques ou à un simple boisage, suivant la durée probable du service de ce puits. Enfin, quand il y a beaucoup d'eau, on est obligé de recourir au cuvelage en fonte ou en bois. Ce dernier, le plus employé, consiste en plusieurs *trousses* ou cadres ordinairement décagones, supportés par une ou plu-



1164.

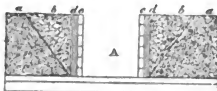


1166.



1170.

Lorsque tout le terrain est recouvert sur une certaine épaisseur de sable coulant *b* (fig. 1166), l'exécution des galeries à travers bancs devient très difficile, on fait alors descendre au point le plus bas une tour en maçonnerie ou en fonte B C (voyez MINES), que l'on prolonge un peu au-dessous du sable coulant; ensuite, après s'être assuré par un trou de sonde E D, que le sable coulant est à un niveau plus élevé en F qu'en C; on perce, à partir du pied du puits B C, une galerie C D, normale à la direc-



1167.

tion des couches et qui s'étend sous toute la longueur du champ d'exploitation : le puits B C, sert pendant ce

sieurs *trousses picotées* placées sur une banquette *c c* (fig. 1170), ménagée dans la couche imperméable *a a*, qui se trouve sous la couche perméable *b b*. Ces trousses sont ainsi nommées parce qu'on place derrière les pièces de chaque cadre des planches ou *lambourdes*, placées de champ; on garnit le vide, entre les lambourdes et la roche, d'étoupes ou de mousse; l'on chasse ensuite entre les lambourdes et les pièces du cadre jusqu'à refus, d'abord des coins plats en bois blanc, puis des coins pointus ou picots, etc., en bois blanc et en chêne, auxquels on fait une entrée au moyen d'aiguilles ou *agrappes* en fer. Il devient alors impossible que l'eau, malgré la forte pression qu'elle exerce, filtre derrière le cadre et passe en dessous. Le cuvelage se termine, également au-dessus de là couche perméable, par une trousse picotée horizontalement contre une banquette *d d*. Les trousses ordinaires se trouvent ainsi fortement serrées les unes contre les autres.

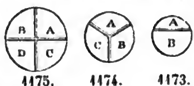
La fig. 1171 est une coupe à une échelle plus grande du cuvelage en bois : *d*, trousse porteuse ou picotée;

k k, cuvelage; *g*, *h*, pièces de renfort pour consolider et préserver le cuvelage.

Quand une couche mince aquifère est comprise en deux couches imperméables, ou quand, le terrain étant solide, mais fissuré, donne beaucoup d'eau, on peut arrêter celle-ci en pratiquant dans la couche aquifère, ou la fissure, une rainure horizontale dans laquelle on exécute un picotage également horizontal (fig. 1172).

1172. 1171.

On divise toujours les puits, au moyen de cloisons, en deux compartiments au moins (fig. 1173), dont le plus petit A renferme les pompes, et le plus grand B sert à l'extraction : ces puits doivent au moins avoir 3m de diamètre. Les puits à trois compartiments (fig. 1174), dont l'un A sert aux échelles, et les deux autres B et C, à l'extraction, doivent avoir au moins 4m de diamètre; enfin les puits à quatre compartiments A, B, C, D (fig. 1175), dont l'un renferme les échelles, un second sert à l'aérage et les deux autres à l'extraction, ne peuvent avoir moins de 5m de diamètre.



1175. 1174. 1173.

Dans le foncement des puits, arrivé à une profondeur variable, on se trouve souvent forcé de recourir à un aérage artificiel, soit en recouvrant l'un des compartiments du puits d'une voûte *b* (fig. 1176), qui débouche dans une chambre *e*, renfermant une haute cheminée *f*, où l'appel est déterminé par le combustible *e*, que l'on charge sur la grille *d*, en pénétrant dans la chambre par les doubles portes *a*, *a*, soit, ce qui est préférable, au moyen d'un ventilateur aspirant.


1176.

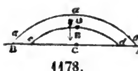
Exploitation proprement dite des mines de houille. Prenons d'abord le cas le plus simple, celui d'une seule couche de houille.

Dès que l'on a foncé dans le terrain carbonifère un puits A (fig. 1177), jusqu'à la profondeur que l'on veut

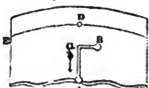

1177.

exploiter, il est encore nécessaire, avant de procéder à l'exploitation proprement dite, de se livrer à une série de travaux préparatoires qui consistent : 1° Dans le foncement d'un second puits qui atteint la couche à une moindre profondeur que le premier puits; 2° dans le percement d'une galerie montante qui joint les pieds de ces deux puits; et 3° dans l'exécution d'une galerie horizontale, dite *galerie d'allongement*, qui, partant du fond du premier puits, s'étend jusqu'aux limites du champ d'exploitation, en suivant toujours la direction de la couche.

La galerie montante a 2m à 2m,50 de largeur; elle suit quelquefois la ligne directe menée d'un puits à l'autre; d'autres fois sa direction fait un angle droit avec celle des fissures naturelles du charbon, jusqu'à ce qu'on arrive au niveau du puits n° 2, que l'on rejoint par une seconde galerie parallèle aux fissures que l'autre coupe, comme l'indique la fig. 1179 : A, puits n° 1; C puits n° 2, AC, galerie montante normale aux joints; BC, galerie de niveau parallèle aux mêmes joints.



1178.



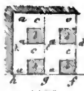
1179.

Dès que les deux puits sont mis en communication, il s'établit un courant d'air qui descend par l'un deux et remonte par l'autre. On procède alors au percement de la galerie d'allongement qui part du puits n° 1; comme la couche n'est pas rigoureusement plane, cette galerie est généralement sinueuse; si la couche *a a* (fig. 1178), a la forme du bassin, la galerie d'allongement *c d*, partant du puits D, aura une forme elliptique et sera prolongée jusqu'aux limites du champ d'exploitation, ou jusqu'à la rencontre d'une faille A B.

Cela fait, on peut commencer les travaux d'exploitation proprement dits. Les procédés que l'on suit à cet égard varient principalement avec l'épaisseur ou l'inclinaison des couches, la profondeur à laquelle on les rencontre, le plus ou moins de consistance du toit et du mur, et le plus ou moins d'abondance des matières que l'on peut employer pour remblayer.

Prenons d'abord le cas le plus fréquent, celui de couches d'une inclinaison et d'une puissance moyennes.

Dans ce cas, on suit ordinairement la méthode par piliers et galeries, ou la méthode par grandes tailles.


1180.

Pour exploiter par *piliers et galeries* (fig. 1180), on commence par ouvrir dans la houille même, sur toute la hauteur de la couche, des galeries parallèles dites tailles, séparées par des murs de charbon, et l'on recoupe ces murs par des galeries transversales, de manière à former des piliers, soit dans une portion de la couche seulement, soit dans toute la partie que l'on veut exploiter. Tantôt on ne donne aux piliers que les dimensions strictement nécessaires pour soutenir le toit, et on les abandonne dans la mine; tantôt, et le plus souvent, on leur donne des dimensions bien supérieures, et à la fin de l'exploitation, on les abat complétement, en partant de celui qui est le plus éloigné du puits principal, et en revenant vers ce puits, ce qui s'appelle *dépiler*. Dans ce cas, l'ouvrier empêche la chute immédiate du toit à l'aide d'étais, qu'il retire ensuite avec précaution, de manière à faire ébouler peu à peu le terrain à mesure qu'il se retire.

La méthode par *grandes tailles*, qui ne s'applique qu'aux couches de 1m,50 à 2m,00 de puissance, consiste à abattre entièrement le charbon au fur et à mesure que l'on avance, sans laisser de piliers. On empêche la chute immédiate du toit par des étais : on remblaie derrière soi, et l'on se ménage des galeries, à travers les remblais et les éboulis, pour retourner au puits d'extraction.

Lorsque le mur est mauvais et que la couche et le toit sont solides, il faut que les piliers aient de grandes dimensions pour ne pas pénétrer dans le mur, ce qui produirait un gonflement ou soulèvement du sol des galeries (fig. 1181).

1181.


1182.

Lorsque la couche est tendre et présente un grand nombre de fissures larges, il faut aussi des piliers de grandes dimensions; sans cela, la pression des couches supérieures écraserait les piliers, ce qui produirait un éboulement du toit (figure 1182).

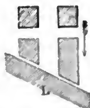
Si le toit est mauvais (fig. 1183), les piliers doivent encore être de grandes dimensions et les galeries étroites.



1183.

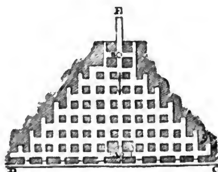
Il est important, dans l'exploitation, par piliers et galeries, afin que les premiers offrent le maximum de résistance, que les galeries croisées soient parallèles à la direction de deux systèmes de fissures naturelles.

La galerie d'allongement coupe souvent ces systèmes des fissures suivant des angles très variables. On doit alors calculer les dimensions des piliers voisins de cette galerie (fig. 1184), de manière à ce qu'ils présentent une résistance suffisante, eu égard à l'obliquité d'une de leurs faces sur celles des galeries. On conserve en outre, près de cette galerie, un rang de piliers plus épais, afin de la conserver dans le cas où un accident viendrait à faire ébouler les parties voisines de la mine.



1184.

Donnons maintenant quelques exemples d'exploitations basées sur les principes que nous venons de développer.



1185.

Méthode par piliers et tailles. Fig. 1185 : A, puits n° 2; CD, galerie principale d'allongement; AB, galerie principale d'inclinaison.

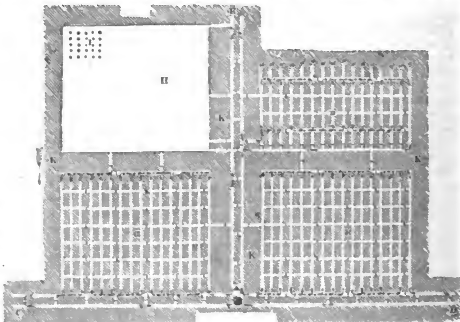
Les tailles sont ouvertes tantôt dans le sens de l'inclinaison, comme l'indique la figure, tantôt dans le sens de la direction, suivant que le charbon paraît s'abattre plus facilement dans un sens que dans l'autre, de telle façon que les tailles les plus voisines du puits principal sont toujours les plus avancées; on recoupe ensuite les murs de charbon qui les séparent par des tailles transversales.

Les galeries ou tailles se terminent tantôt à la crête des couches, tantôt dans des parties où le charbon perd sa bonne qualité; tantôt enfin, elles s'arrêtent à la rencontre de failles ou dykes qui donnent lieu à des rejets considérables, ou à la limite du terrain houiller.

Quand la profondeur de la couche est peu considérable, on multiplie les puits, ce qui facilite beaucoup l'extraction et l'aérage; mais lorsqu'elle est très grande et que les terrains morts sont très aquifères, le percement des puits est très coûteux, et, dans ce cas, on se sert souvent d'un seul puits divisé en plusieurs compartiments pour le service des machines d'épuisement et d'extraction.

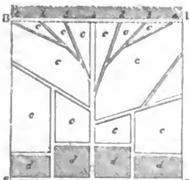
Lorsque les couches sont à de grandes profondeurs, la pression sur les piliers devient considérable, et il devient extrêmement difficile de régler l'éboulement lors du dépilage : la quantité de houille perdue s'élève à 1/3 et même à 1/2 de celle qu'on aurait pu extraire. M. J. Buddle, de Newcastle, est parvenu à remédier à ce grave inconvénient, par l'invention de la méthode dite *à piliers* et *à compartiments*, qui s'applique aux couches profondes, et consiste, au lieu de diviser toute l'étendue de la couche par des piliers et des galeries croisées en échiquier, à la partager en un certain nombre de compartiments rectangulaires ou carrés formant aussi échiquier, mais entourés de tous côtés par des murs de charbon de 40 à 50 mètres d'épaisseur : des galeries et canaux d'aérage établis dans ces murs permettent d'exploiter l'intérieur des compartiments, comme l'indique la fig. 1186. A, puits n° 1, subdivisé en trois parties; l'une pour les pompes, les deux autres pour l'extraction : ces deux dernières servent aussi pour l'aérage; l'air froid descend par l'une d'elles, et l'air chaud s'élève par l'autre, au fond de laquelle se trouve un foyer; BC, galerie principale d'allongement; AE, galerie montante; D, compartiment dans lequel les tailles ne sont pas encore entièrement percées; F, G, compartiments prêts à dépiler; H, compartiment entièrement dépilé; K, murs des compartiments; chaque compartiment a au plus 4000 mètres carrés de surface. On fait ébouler au fur et à mesure du dépilage; puis, après avoir dépilé, on abat successivement les murs des compartiments, en revenant vers le puits principal A.

Méthode par grandes tailles. Cette méthode, dont nous avons déjà donné les principes plus haut, consiste d'abord à ouvrir une galerie d'allongement principale, suivant la direction, en laissant autour des puits de forts piliers, comme l'indique la figure 1187. On soutient également le toit de la galerie d'allongement par des murs de charbon ou de maçonnerie, recoupés suivant les besoins de l'aérage ou de l'exploitation. On exploite ensuite par larges tailles, dirigées dans le sens



1186.

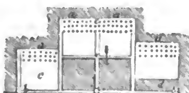
qui offre le plus de facilité pour l'abattage du charbon, en remblayant autant que possible derrière soi avec le mauvais charbon et les déblais. On soutient provisoirement le toit, près du front de la taille, par des étais et de petits murs en pierre sèche.


1187.

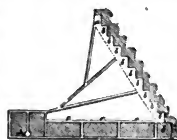
Lorsque les déblais sont rares et que le toit est solide, on se contente de former de petits tas de déblais, s'élevant du mur jusqu'au toit, sur des lignes perpendiculaires au front de la taille, et séparés par des espaces vides ; ces tas s'affaissent avec le toit et comblent les vides.

La figure 1187 représente la disposition la plus usitée dans le Shropshire : les galeries ménagées à travers les remblais, pour revenir du fond des tailles au puits d'extraction, sont disposées en éventail.

La fig. 1188 représente une autre disposition plus régulière, mais moins répandue.


1188.

Une autre disposition de la méthode par grandes tailles, dite méthode par gradins, consiste (figure 1189) à ouvrir successivement une série de tailles *b*, *b*, de 2 à 4 mètres de large, à côté les unes des autres, de telle sorte que les fronts de ces tailles soient disposés par gradins. Un ouvrier est placé devant chaque gradin. Dans ce cas, on ménage des galeries à travers les remblais, ou bien on remblaie entièrement l'espace excavé, sauf la partie où se tiennent les ouvriers et la galerie principale d'allongement AB, et le charbon abattu suit le front des tailles pour arriver à la galerie d'allongement : on donne souvent assez de largeur aux tailles pour placer dans chacune d'elles deux à trois ouvriers.


1189.

La méthode par grandes tailles est très employée en France et en Belgique ; elle peut s'appliquer à toutes les couches de houille, quelle que soit leur épaisseur, pourvu que l'on ait assez de remblais : elle est actuellement généralement adoptée dans les mines de Rive-de-Gier, que l'on exploite en deux étages superposés en remblayant au fur et à mesure.

Les diverses méthodes que nous venons d'exposer s'appliquent également à l'exploitation des couches minces ; il est rare qu'on exploite une couche dont l'épaisseur soit au-dessous de 0m,50. Lorsque les couches n'ont pas plus de 6m d'épaisseur et que le toit est très solide, on les exploite quelquefois par les mêmes méthodes ; mais si le charbon est tendre et friable, on établit deux étages de travaux, et on perd beaucoup de charbon laissé dans la mine.

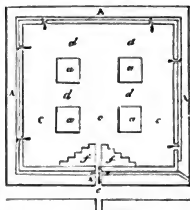
Tantôt on commence par exploiter l'étage supérieur par tailles et piliers abandonnés, puis l'étage inférieur, que l'on a sous les pieds, comme on le ferait dans une carrière à ciel ouvert, en disposant l'exploitation simultanée des deux étages sous forme de gradins ; tantôt on exploite un banc inférieur de 1m,50 à 2m d'épaisseur, et l'on fait ensuite tomber les bancs supérieurs.

Quand le charbon est très friable et de nature à se déliter promptement à l'air, on exploite d'abord la portion supérieure de la couche, puis la partie inférieure, en laissant entre les deux étages de travaux, un banc ou *estau* (fig. 1190) de 0m,80 à 1m,00 d'épaisseur, en ayant soin que les piliers des deux étages se correspondent exactement ; on finit par exploiter l'estau qui sépare les deux étages et l'on dépile autant que possible.


1190.

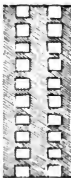
Lorsque le toit est tendre, il est nécessaire de le soutenir en laissant subsister un banc supérieur ou *faux toit* de charbon.

La fig. 1191 représente le mode d'exploitation suivi à Dudley, dans le Staffordshire, pour l'exploitation d'une couche de 10m de puissance : on divise la mine en compartiments, comme dans la méthode inventée par M. Buddle ; A, A, murs d'un compartiment de 12m d'épaisseur ; *a*, *a*, piliers de 8m de côté ; *c*, *d*, tailles de 11m de large ; *e*, galerie qui sert à pénétrer dans le compartiment et à en sortir. La couche est divisée en bancs par des fissures ou des petits lits de pierre qui en facilitent l'exploitation. On commence d'abord par attaquer la couche par la méthode en gradins, en exploitant un banc inférieur de 0m,70 d'épaisseur seulement ; lorsque les piliers et le mur d'enceinte sont dégagés, on *have* de bas en haut, le long de leurs parois et on fait tomber les bancs supérieurs par plaques plus ou moins épaisses, suivant la disposition des joints naturels de la couche. On soutient provisoirement les bancs de charbon, au moyen d'étais et de piliers en pierre sèche.


1191.

Le charbon laissé dans les piliers et le menu perdu dans la mine forment environ les 0,4 du charbon que renferme la couche.

A Johnstone (Écosse), on exploite par estaus, une couche dont la puissance atteint 20 et 30 mètres. Le toit étant très mauvais, on laisse environ 1m de houille comme faux-toit ; on donne 2m à chaque étage et 1m aux estaus : on exploite ainsi 10 assises, comme l'indique la fig. 1192.


1192.

Les couches très inclinées sont exploitées par piliers et galeries ou par gradins. Les tailles principales sont toujours percées dans le sens de la direction, afin d'exposer les ouvriers à moins de risques, et de faciliter le transport au puits d'extraction. Quand les couches sont verticales, ou à peu près, l'ouvrier est placé sur le charbon, ayant le toit et le mur à ses côtés. Le puits principal A (fig. 1193) est percé dans la roche du toit ou du mur, suivant que l'une ou l'autre est plus consistante. On rejoint les couches par des galeries à travers bancs *b b*, *c c*; toutes les


1193.

tailles menées dans les couches épaisses, suivant la direction, sont réunies, au fur et à mesure que l'on avance, par de petites galeries transversales qui servent à la ventilation.

La meilleure méthode pour l'exploitation des couches épaisses et très inclinées, celle du Creusot par exemple, où on l'emploie avec succès, est celle dite par *curage en travers*.

On fonce un puits dans le mur; parvenu à une certaine profondeur, on rejoint la couche par une galerie à travers bancs. Dès qu'on l'a atteinte, on ouvre une galerie d'allongement contre le mur; à l'extrémité de cette galerie prolongée, à une grande distance de la galerie à travers bancs, on perce dans le charbon une galerie horizontale, du mur au toit, à laquelle on donne même hauteur qu'à la galerie d'allongement, puis on la remblaie en revenant du toit au mur. On abat ainsi successivement une série de tranches de charbon en revenant vers la galerie à travers bancs. Au-dessus de ces remblais, on exploite un nouvel étage, exactement de même, et ainsi de suite, de sorte que l'on parvient à exploiter entièrement la couche, sans abandonner le charbon. La principale difficulté qu'offre cette méthode, est celle de se procurer des remblais : tantôt on en amène de la surface, tantôt on s'en procure en ouvrant de grandes excavations en cloches dans le toit ou le mur et faisant ébouler.

On commence également à exploiter les couches très épaisses et peu inclinées, par une méthode analogue; on exploite d'abord les assises inférieures en remblayant, puis les assises supérieures en montant sur les remblais : les tailles suivent alors le mur au lieu d'être percées du mur au toit.

Lorsque plusieurs couches de houille se trouvent placées les unes au-dessus des autres, et séparées par des bancs de rochers épais et consistants, on commence par exploiter les couches inférieures. Le charbon des couches supérieures devient un peu plus fragile; mais souvent aussi il s'exploite avec plus de facilité.

Quand les bancs de rocher n'ont pas une grande épaisseur, ou qu'ils sont peu consistants, on commence par les couches supérieures.

Transport de la houille dans l'intérieur de la mine. Le transport de la houille du fond des tailles au puits d'extraction, s'opère de diverses manières. Quelquefois encore il se fait à dos d'hommes, d'autres fois en brouette, mais le plus souvent on emploie des bennes placées sur des plates-formes portées sur des roues très basses roulant sur des rails plats en fonte ou saillants, en fer méplat, et traînées ou poussées par des enfants, du fond de la taille aux galeries principales : arrivé à l'une de celles-ci, on transporte les bennes, au moyen de petites grues, sur de nouveaux chariots semblables aux premiers, mais de plus grandes dimensions, de sorte qu'on peut y placer 2 à 4 bennes; un cheval traîne ordinairement un ou deux chariots à la fois, portant en tout 8 à 10 quint. métriq. de houille. On se sert alors de rails saillants, en fer méplat, ou à champignon comme ceux des chemins de fer établis à la surface.

Lorsque la pente de la couche est forte, le transport du charbon à la galerie principale, se fait ordinairement au moyen de plans auto-moteurs, munis de freins pour régulariser la vitesse : l'excès de poids des chariots pleins descendants fait alors remonter les chariots vides.

Dans certaines mines, le transport souterrain s'exécute en partie dans des canaux placés à différents étages.

Extraction par les puits. Le charbon est élevé au jour par des roues hydrauliques, ou, le plus souvent, par des machines à vapeur, qui font tourner des tambours sur lesquels s'enroulent les cordes ou câbles plats, en chanvre ou en fil de fer, auxquels la charge est suspendue; on emploie quelquefois aussi à cet effet des BALANCES D'EAU, ce qui est très convenable lorsque la disposition des lieux le permet.

Le plus souvent les bennes, en arrivant à la place d'accrochage, sont suspendues par deux, l'une au-dessus de l'autre, au câble, par des crochets et des bouts de chaîne. Quelquefois on amoncèle le charbon sur un plancher ou plate-forme suspendu au câble et guidé par 2 ou 4 longuerines verticales.

On divise souvent les puits d'extraction en deux compartiments, par une cloison, afin d'éviter le choc des bennes, paniers ou plates-formes, montante et descendante.

Parvenue à l'orifice du puits, la houille est passée au crible, afin de la classer par grosseurs, dont le prix et le nom varient avec les localités.

Aérage des mines de houille. La combustion des lumières, la respiration des ouvriers et surtout le dégagement d'acide carbonique ou d'hydrogène carboné de l'intérieur du charbon, exigent que l'on détermine dans l'intérieur de la mine, un courant d'air suffisant pour délayer et entraîner ces gaz au dehors au fur et à mesure qu'ils se dégagent.

L'acide carbonique se rencontre surtout dans les terrains bouleversés par des roches ignées, et, à cause de sa densité, se rassemble dans les parties inférieures de la mine et des galeries montantes (fig. 1194); le contraire a lieu pour l'hydrogène carboné ou *grisou* (figure 1195). Ce dernier, mélangé avec l'air en certaines proportions donne naissance à des mélanges explosifs dont l'inflammation produit trop fréquemment encore des accidents terribles; on s'oppose à l'inflammation du mélange détonnant par l'emploi de LAMPES DE SURETÉ, mais le meilleur moyen est encore de prévenir la formation de ces mélanges par une ventilation suffisamment énergique. C'est surtout à l'approche des failles et des anciens travaux que l'on rencontre le grisou avec le plus d'abondance; il s'y accumule et suit les variations de la pression atmosphérique; ainsi, lorsque le baromètre est bas, il sort des anciens travaux par toutes les issues : aussi est-il nécessaire d'interroger le baromètre pour régler la ventilation.



1194.



1195.

Lorsque des puits ou galeries (fig. 1196), dont les orifices se trouvent à des niveaux différents, sont mis en communication par des galeries souterraines, comme la température de ces puits et galeries est sensiblement constante aux mêmes points, variable du reste avec la profondeur, et généralement différente de celle de l'air extérieur, il arrive qu'un courant d'air s'établit naturellement entre ces puits ou galeries qui constituent de véritables syphons renversés à branches inégales. Cette circulation d'air se produit encore lors même que les puits ont leurs orifices au même niveau, parce que jamais la température et par suite la densité de l'air ne sont parfaitement égales dans l'un et dans l'autre. L'air étant plus froid en été et plus chaud en hiver dans l'intérieur de la mine qu'à l'extérieur, le courant suit un sens dans l'une de ces saisons et le sens inverse dans l'autre; il est d'ailleurs plus actif en hiver qu'en été.



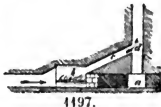
1196.

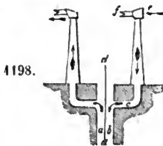
L'aérage naturel est souvent insuffisant pour ventiler convenablement les mines de houille où il se présente des dégorgements d'acide carbonique ou de grisou. On y supplée alors, soit en plaçant sur l'un des puits une machine aspirante, soit au moyen d'un foyer placé ordinairement au fond de l'un des puits, qui raréfie l'air dans

ce puits, en élevant sa température de quelques degrés.

Les machines aspirantes sont de grandes machines pneumatiques ou des ventilateurs aspirants.

Les foyers d'aérage sont ordinairement séparés du puits, comme l'indique la fig. 1197, et sont quelquefois alimentés par un courant d'air frais n'ayant pas circulé dans la mine : dans ce cas d'ailleurs, les gaz produits de la combustion n'arrivant qu'à une température peu élevée, en *d*, dans le puits, en contact avec l'air vicié qui a parcouru les travaux, il ne peut y avoir inflammation de ce dernier, quelque chargé qu'il soit de grisou. Quelquefois, lorsqu'il n'y a qu'un puits, divisé en deux compartiments, servant à l'aérage et à l'extraction, on adopte la disposition représentée fig. 1198 et qui consiste à les faire communiquer avec des cheminées latérales surmontées de gueules de loup, ayant pour but de s'opposer à l'action des vents sur le tirage.


1197.

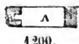

1198.

Le courant d'air tend naturellement à suivre le plus court chemin que lui présentent les galeries souterraines qui réunissent l'un et l'autre puits ou l'un et l'autre compartiment ; on le force à pénétrer dans toutes les parties de la mine que l'on veut ventiler au moyen de portes battantes ou de cloisons, qui l'empêchent de suivre le chemin direct. Lorsque ces cloisons sont établies dans des galeries de roulage, on emploie de doubles portes battantes, que l'on ouvre successivement, et qui permettent de circuler, sans apporter de perturbations dans le sens du courant.

Lorsqu'on fonce une galerie, avant que les puits ne soient en communication, on emploie souvent un petit conduit en bois placé au toit de la galerie, et qui se recourbe pour monter verticalement le long des parois du puits ; on produit l'aspiration, soit au moyen d'un petit foyer placé à la partie supérieure de la gaîne d'aérage, ou simplement en exhaussant cette gaîne de quelques mètres au-dessus de l'orifice du puits : on se sert aussi, dans quelques cas, d'une pompe pneumatique (fig. 1199), qui se compose d'un tonneau *d*, renversé dans une bâche d'eau *a*; *b*, est le tuyau qui communique avec la gaîne : ce tuyau, ainsi que la tonne, sont munis de soupapes s'ouvrant de bas en haut. Quelquefois on remplace le conduit qui suit la galerie par une simple rainure que l'on pratique dans le charbon (figure 1200), et que l'on recouvre d'un petit plancher imperméable à l'air.


1199.

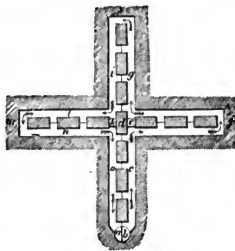
Lorsque la mine n'a qu'un puits à deux compartiments, on fait parvenir l'air au fond des tailles, en commençant l'exploitation, comme l'indique la fig. 1201 : au bas du puits, on ouvre en même temps deux galeries parallèles, dont une part du compartiment chauffé, et l'autre du compartiment froid. Arrivé à une faible distance du puits, on met ces galeries en communication par une galerie de traverse ; on continue à foncer les galeries parallèles ; dès que le besoin d'air se fait de nouveau sentir, on perce une nouvelle galerie de traverse, on ferme la première galerie de traverse au moyen d'un petit mur en briques, et l'air vient de nouveau lécher le front des tailles.



1200.




1201.

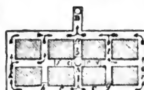

1202.

La fig. 1202 indique comment on peut ouvrir et ventiler en même temps deux systèmes de doubles galeries ou tailles en croix.

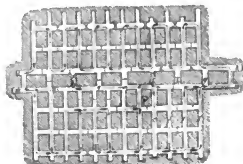
Lorsque l'hydrogène se dégage en grande abondance du charbon, on force le courant à lécher constamment le fond des tailles *b*, *c*, (fig. 1203), en construisant au fur et à mesure que l'on avance une cloison *f d d*.

1203.

Dans les mines peu profondes et où le gaz est en faible abondance, on opère la distribution de l'air, comme l'indique la fig. 1204 : le courant réglé par les barrages *a*, *b*, *c*, *d*, *f*, *g*, *h*, descend d'abord par le puits A, puis se subdivise en deux courants C, C, qui se réunissent de nouveau en *a*, pour remonter par le puits B, après avoir léché le front des tailles et s'être répandus dans toute l'étendue des travaux.


1204.

Dans les mines profondes, où il se dégage une grande abondance de grisou, le courant lèche d'abord le front des tailles où l'on travaille, et parcourt ensuite les galeries ou tailles déjà percées. La fig. 1205 représente la distribution de l'air dans une de ces mines. *a*, est le puits par lequel descend l'air frais, et *b*, celui par lequel sort l'air vicié. En suivant les flèches, on voit que le courant d'air circule d'abord le long des galeries *c* et *d*, en se répandant par les galeries auxiliaires au travers du mur de charbon qui les sépare ; qu'il rebrousse ensuite chemin par les galeries *e*, *f*, dans les-


1205.

quelles les barrières l'avaient d'abord empêché de pénétrer; que plus loin, arrêté par les barrières *g*, *h*, il se rend au front des tailles *i* et *k*, puis, que forcé à suivre une ligne sinueuse, il parcourt successivement chacune des galeries jusqu'aux fronts des tailles *l*, *m*, se répand ensuite dans une série de tailles, qu'il traverse par deux à la fois comme les premières, et enfin s'échappe par le puits d'aérage *b*.

Les lignes croisées représentent les portes battantes doubles, que l'on substitue aux barrières en briques dans les galeries de roulage.

Les principaux barrages sont fortifiés par des constructions en pierres, afin de conserver, en cas d'explosion, le courant d'air dans les principales directions.

Quelquefois le grisou, sortant du toit en abondance par des fissures nommées *soufflards*, produit de grandes cavités coniques dans lesquelles il se loge; on construit alors, pour le balayer, une cloison *e* (figure 1206), qui force le courant d'air *a a* à raser le toit *c*; *d*, est une porte battante à travers cette cloison; *b*, est le soufflard.

1206.

Enfin la fig. 1207 montre la disposition qu'on emploie pour deux courants d'air *a*, *b*, qui se croisent.

1207.

Nous renverrons pour plus de détails sur l'aérage à l'article MINES, où nous indiquerons aussi les effets terribles des explosions, malheureusement trop fréquentes, qu'occasionne la présence d'un grisou dans les mines, et des moyens de les atténuer autant que possible lorsque cet accident a lieu.

Statistique.

ANGLETERRE. La production de houille de la Grande-Bretagne est annuellement d'environ 250 millions de quintaux métriques, qui représentent une valeur d'à peu près 375 millions de francs. Sur cette quantité, 200 millions de quintaux métriques environ sont consommés dans le pays.

Les principaux dépôts houillers de l'Angleterre sont : le grand bassin houiller de Newcastle; le bassin de Yorkshire; les deux bassins du Staffordshire, et les nombreux bassins du pays de Galles. En Écosse, nous citerons les bassins houillers de Clackmannshire et de Glascow.

Plusieurs de ces bassins, outre la houille, renferment de puissantes couches subordonnées de fer carbonaté lithoïde; c'est à leur présence que certaines parties de l'Angleterre, telles que le Staffordshire et le pays de Galles, sont redevables de l'immense développement qu'y a pris l'industrie du fer.

BELGIQUE. Aucun pays après l'Angleterre n'est aussi richement doté en combustible minéral que la Belgique; il s'y rencontre surtout dans les trois districts de Mons, de Charleroi et de Liége. On compte en Belgique :

Près de Mons.	. . . .	69 mines de houille.
— Charleroi.	. . .	85
— Namur	. . . .	38
— Liége.	. . . .	88
— Huy..	. . . .	24
Total.	. . . .	304 mines de houille.

Qui produisent annuellement environ 33 millions et 1/2 de quintaux métriques de houille.

FRANCE. Parmi les nombreux bassins houillers qui existent en France, nous citerons d'abord celui de *Valenciennes* qui est le prolongement du bassin houiller de Mons en Belgique, et qui est recouvert de *terrains morts*, d'une épaisseur de 50 à 100 mètres à Anzin, et jusqu'à 200 mètres près d'Aniches, qui sont traversés par de puissants *niveaux* ou couches aquifères.

Ce bassin renferme un grand nombre de couches de houille dont une douzaine seulement sont assez épaisses pour pouvoir être exploitées avec bénéfices : leur puissance dépasse rarement 0^m,70.

Les charbons d'Anzin sont gras, collants, en général peu sulfureux; ceux de Denain sont plus flambants, moins collants, et meilleurs pour la grille. Les mines de Raismes fournissent un charbon de grille maigre; celles de Fresnes et du vieux Condé un charbon sec anthraciteux. Le charbon d'Aniches est assez analogue à celui d'Anzin.

Le bassin houiller le plus important de France est celui de *la Loire* qui repose sur le terrain primitif, et se divise en deux parties distinctes ayant pour centres l'une *Saint-Étienne*, l'autre *Rive-de-Gier*. Le terrain houiller affleurant partout à la surface du sol, il n'y a pas de *niveaux* comme en Belgique et dans le département du Nord; en outre le grisou y est rare et peu abondant.

Ce terrain houiller dont la superficie est de 200 kil. carrés est très accidenté, et se divise naturellement en un grand nombre de bassins partiels, en forme de *cul-de-bateau*, qui constituent autant de centres isolés d'exploitation. La puissance des couches est très variable; elles sont souvent accidentées par des renflements qui leur donnent subitement une épaisseur considérable jusqu'à 15 à 20 mètres, ou par des rétrécissements, qui souvent les réduisent tout à coup à un simple filet charbonneux, ou même ne conservent plus aucune trace du combustible. La puissance moyenne des couches exploitées varie de 1 à 5 ou 6 mètres. Elles fournissent deux variétés de houille : l'une est de la houille grasse maréchale de première qualité, l'autre moins collante et plus solide est très recherchée comme charbon de grille. Dans les mines du bassin de la Loire, la proportion du menu dépasse souvent les 2/3 de la quantité de houille extraite; on en vend une partie en cet état et le reste est transformé sur les lieux en coke.

Les environs de *Brassac*, en Auvergne, contiennent plusieurs couches de houille qui fournissent du charbon de grille de bonne qualité.

Sur les bords du canal du Centre il existe une vaste étendue de terrain houiller qui présente deux centres d'extraction importants, le *Creusot* et *Blanzy*.

L'exploitation du Creusot porte principalement sur une couche de houille presque verticale de 15 à 20^m d'épaisseur, et propre à la fabrication du coke.

A Monceau, qui dépend de Blanzy, on n'exploite également qu'une couche verticale près du jour, et ensuite très peu inclinée, dont l'épaisseur va jusqu'à 20^m dans la profondeur. Elle est divisée en trois parties par deux bancs de schiste de 1^m environ de puissance. Ce charbon est impropre à la fabrication du coke, et n'est employé que comme charbon de grille. Lorsqu'on veut produire une forte chaleur, comme dans le puddlage de la fonte et le réchauffage du fer, il faut le mélanger avec des charbons gras comme ceux de la Loire.

Les mines de *Decize*, près de la Loire, ne renferment que deux couches exploitées, de 1^m,20 à 1^m,50 de puissance; elles fournissent un charbon flambant et sulfureux comme celui de Blanzy, mais plus collant et plus durable au feu.

Les mines de *Fins*, dans l'Allier, donnent du charbon de forge comparable à celui de Saint Étienne. Les mines de *Commentry*, dans le même département, donnent un charbon de bonne qualité, très propre à la fabrication du coke.

Épinac, dans le département de Saône-et-Loire, four-

nis des charbons de grille très chaud, mais qui encrassent plus la grille que ceux de la Loire.

Alais, Decazeville, etc., produisent également une grande quantité de houille consommée sur les lieux par les usines métallurgiques.

Les Alpes, le Maine et l'Anjou, produisent une grande quantité d'anthracite employé à la cuisson de la chaux et des briques.

Enfin, le Midi renferme beaucoup de lignites.

En résumé, la production des combustibles minéraux en France, en 1846, s'est élevée à 44,693,420 q. m., répartis ainsi qu'il suit :

Anthracite.	5,958,364 q. m.
Houille dure à courte flamme . .	2,797,833
— grasse maréchale.	7,650,783
— grasse à longue flamme. .	17,324,867
— maigre à longue flamme. .	7,477,971
Lignite.	3,483,602
	44,693,420 q. m.

Et la consommation intérieure à 66,088,848 q. m., comme suit :

Production indigène.

Bassin houiller de la Loire.	15,217,559 q. m.	44,693,420 q. m.
Bassin houiller de Valenciennes	10,391,726	
Bassin houiller d'Alais. .	4,213,769	
Bassin houiller de Creuzot et Blanzy.	3,120,545	
Bassin houiller d'Aubin. .	1,803,818	
58 autres bassins carbonifères.	9,946,003	

Importation.

De Belgique.	13,502,066 q. m.	21,939,220 q. m.
De la Grande-Bretagne. .	6,113,010	
Des provinces rhénanes. .	2,284,054	
De divers points. . . .	40,093	

En tout.	66,632,640 q. m.
Exportation.	543,792
Reste pour la consommation intérieure.	66,088,848 q. m.

Le prix moyen de la houille, prise sur la mine, est de 0f,90 les 100k, ou 0f,75 l'hectolitre, mais les transports le font remonter à un prix bien plus élevé ; ainsi, à Paris, le prix de l'hectolitre, en gros, est de 3f.

ALLEMAGNE. La Prusse est le pays de l'Allemagne le plus riche en houille. On y remarque surtout les bassins de Sarrebrück, d'Eschweiler et de Silésie. On y trouve également beaucoup de lignites.

La production de ce pays, en 1844, a été comme suit :

En houille.

Westphalie.	9,825,745 q. m.	25,381,175 q. m.
Silésie.	8,235,215	
Provinces rhénanes. .	6,795,270	
Thuringe.	481,945	

En lignite.

Thuringe.	4,793,715 q. m.	6,701,590
Provinces rhénanes. .	1,906,465	
Silésie.	1,410	
En tout.		32,082,765 q. m.

Hesse Électorale. La Hesse Électorale renferme de la houille grasse, très collante, à Obernkirchen, dans le comté de Schaumbourg et beaucoup de lignite à Habichtswald et à Meisner près de Cassel. Ces mines produisent annuellement environ 1,000,000 q. m. de houille et autant de lignite.

Bohême. La Bohême est très riche en combustibles minéraux. On y trouve trois bassins houillers principaux : ceux de Rakonitz, de Radnitz et de Pilsen. Le premier renferme plusieurs couches de 0m,60 à 1m,50 de puissance ; le second, beaucoup plus limité, possède une couche de 10m d'épaisseur, qui fournit un charbon solide et très pur, d'excellente qualité pour la grille ; mais impropre à la fabrication du coke ; enfin, le troisième bassin est analogue au premier, pour la puissance des couches et la qualité du charbon qu'elles fournissent.

La Bohême est surtout riche en lignite d'excellente qualité appartenant à la formation de l'argile plastique, et qui constitue dans la partie nord-ouest un vaste bassin qui s'étend d'Eger à Tœplitz, et présente une surface de plus de 2,000 kilom. carrés. L'épaisseur des couches qui est fréquemment de plus de 6m, atteint souvent 20 et même 30m.

La Bohême produit annuellement 1,281,500 q. m. de houille ; celle en lignite est plus considérable, et pourrait, au besoin, acquérir un bien plus grand développement.

Empire d'Autriche. Le reste de l'empire d'Autriche ne produit annuellement que 2,250,000 q. m. de houille.

La Saxe en produit à peu près autant, et beaucoup de lignite ; le reste de l'Allemagne, Bavière, Wurtemberg, etc., est très pauvre en combustibles minéraux.

P. DEBETTE.

HUILES. On distingue deux genres d'huiles : les unes sont visqueuses, fades ou presque insipides ; les autres sans viscosité, caustiques et volatiles. Les premières sont les *huiles grasses*, les secondes sont les *huiles volatiles ou essentielles*.

HUILES GRASSES.

Les huiles grasses sont presque toutes liquides à la température ordinaire, leur viscosité les empêche de couler librement ; 1° leur saveur est souvent désagréable, 2° leur odeur est toujours légère. La plupart sont colorées en jaune ou en jaune verdâtre. Toutes sont spécifiquement plus légères que l'eau.

Exposées à l'air, ces huiles perdent peu à peu leur limpidité, s'épaississent et quelquefois durcissent. Celles qui s'épaississent au point de ne plus tacher le papier sur lequel on les applique, prennent le nom d'*huiles siccatives* : telles sont les huiles de lin, d'œillette, de noix, de chenevis, de faine. Celles qui ne s'épaississent point assez pour cela s'appellent *huiles non siccatives* : ce sont les huiles d'olive, de colza, d'amandes douces, de noisettes, de ricin, d'acajou. Dans ce changement d'état l'oxygène de l'air est absorbé et il se produit de l'acide carbonique (De Saussure, *Annales de chim. et de phys.*, XIII, 350).

Les huiles grasses sont insolubles dans l'eau : la plupart sont plus ou moins solubles dans l'alcool et dans l'éther.

Le soufre et le phosphore se dissolvent dans les huiles à l'aide de la chaleur : l'iode et le chlore leur enlèvent de l'hydrogène et forment, le premier de l'acide hydriodique, le second de l'acide hydrochlorique.

Les huiles grasses sont combustibles, mais elles ne peuvent brûler qu'à l'approche d'un corps en combustion. Traitées par les alcalis et l'eau elles forment des acides gras qui, s'unissant aux oxydes, produisent des SAVONS.

L'acide hypo-nitrique solidifie toutes les huiles non siccatives.

Soumises à l'action du froid, les huiles grasses s'épaississent et finissent par se prendre en masse ; si on les comprime dans du papier buvard, celui-ci s'imprègne d'une matière grasse huileuse, et il reste une substance solide plus ou moins analogue au suif.

Les applications des huiles sont très nombreuses : elles

servent à l'éclairage, à la fabrication des savons, à la nourriture, au travail des laines et à la peinture.

Les matières propres à leur fabrication se divisent en deux classes qui sont : les olives et les graines oléagineuses; chacune de ces classes exige un mode d'extraction particulier.

Comme les appareils employés pour l'extraction de l'huile des graines oléagineuses sont plus perfectionnés que ceux qui servent à la fabrication de l'huile d'olive, nous commencerons par les décrire.

EXTRACTION DE L'HUILE DES GRAINES OLÉAGINEUSES. L'extraction des huiles de graines exige une série d'opérations dont la plupart sont du ressort de la mécanique. L'établissement dans lequel se trouvent toutes les machines nécessaires à cette extraction se nomme *tordoir*, *moulin à huile*, ou huilerie. Les machines y sont mises en mouvement par des manéges, par le vent, par l'eau ou par la vapeur, suivant l'importance de la fabrication.

Les graines oléaginenses sont d'une qualité supérieure dans les années chaudes. Dans les années qui manquent d'eau les graines sont petites, et enfin si les pluies sont abondantes elles ne murissent pas.

Le colza, pour être de bonne qualité, doit avoir le grain plein, noir, lisse et glissant dans la main, écrasé sous l'ongle, l'huile doit en sortir abondamment. On conserve longtemps ces graines dans des greniers bien aérés. Une faible dessiccation fait un peu rider la surface du grain, mais la qualité et la quantité de l'huile ne sont pas changées.

Lorsque les graines se trouvent dans un grenier on doit avoir soin de les remuer à la pelle pour les aérer, et pour empêcher l'attaque de très petits insectes qui se mettent souvent dans le colza. Dans les grandes huileries on pourrait mettre les graines dans des *greniers mobiles* de M. Valéry.

Lorsqu'un tas de colza ou de navette est attaqué par les insectes dont nous venons de parler, il faut le mettre de suite au travail, pour éviter que le reste du grenier n'en soit infecté.

La détermination exacte de la proportion des principes gras contenus dans les graines oléagineuses est une opération facile, il suffit de traiter les semences par l'éther sulfurique qui dissout à froid les matières grasses. On broie la graine et on la met en digestion avec de l'éther qu'on renouvelle de temps en temps; la dissolution éthérée est mise dans une capsule, on la chauffe un peu au *bain marie* afin de chasser les dernières traces d'éther; le résidu huileux est traité par l'eau pour enlever les matières solubles dissoutes par l'éther. On sèche ensuite, et ce qui reste représente la proportion de matières grasses contenue dans la graine.

La quantité d'huile rendue par une graine soumise au pressoir est toujours moindre que celle qui y est contenue; et la proportion d'huile retenue dans le tourteau est d'autant plus considérable que l'amidon, le ligneux, les principes albumineux, etc., sont plus abondants. Nous donnons, dans un tableau, les produits des principales graines oléagineuses en les supposant de bonne qualité, à l'article OLÉOMÈTRE.

La fabrication de toutes les huiles de graines repose sur les deux opérations suivantes : le broyage de la graine et le pressage ou extraction proprement dite. Ces deux opérations se succèdent en s'entremêlant, et pour qu'elles atteignent leur but, on a recours à quelques précautions spéciales dans le détail desquelles nous entrerons bientôt.

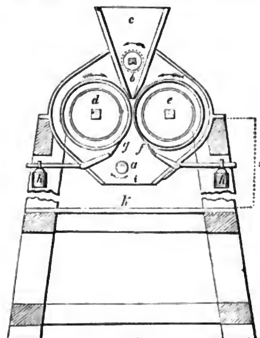
En résumé, le détail des opérations nécessaires pour l'extraction des huiles de graines peut s'établir de la manière suivante :

1° Nettoyage de la graine;
2° Écrasage et froissage de la graine;
3° Chauffage de la graine à feu nu ou à la vapeur;
4° Première pression;
5° Second écrasage des graines pressées ou *rebat*;
6° Nouveau chauffage;
7° Seconde pression.

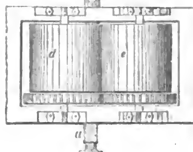
Avant de broyer les graines il est nécessaire de leur faire subir un nettoyage complet en les passant au tarare, afin de chasser tous les corps étrangers qui pourraient s'y trouver.

On emploie plusieurs appareils pour écraser et froisser les graines. Dans le département du Nord on emploie des pilons de bocard mis en mouvement par des moulins à vent. Ce procédé est simple et économique, mais il ne peut être appliqué en grand. Dans les huileries bien montées le broyage de la graine se produit successivement avec deux machines différentes. La première concasse la graine pour l'empêcher de glisser sous les meules qui doivent terminer le broyage.

La machine la plus employée au concassage des graines, se compose de deux cylindres creux *d*, *e*, bien tournés, marchant en sens inverse avec une vitesse égale, et conservant entre eux une distance que l'on peut faire varier à volonté (fig. 1208 et 1209); l'un des cylindres reçoit



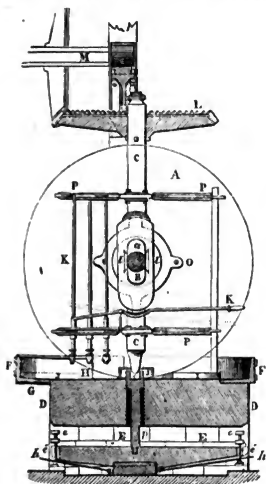
1208.



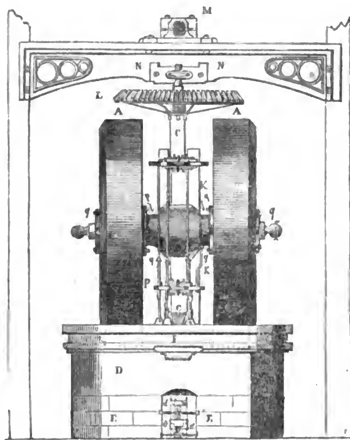
1209.

le mouvement du moteur et le transmet à l'autre au moyen d'un engrenage. Une trémie en bois *c*, continuellement pleine de graines, alimente uniformément les cylindres, au moyen d'un petit rouleau cannelé *b*, dont on fixe à volonté la vitesse au moyen d'une poulie à plusieurs gorges. Une machine de ce genre, dont les cylindres ont $0^m,60$ de longueur, $0^m,13$ de diamètre et une vitesse de 40 à 50 tours à la minute, broie par jour 40 décalitres de graines, et alimente deux paires de meules; elle consomme une force motrice de 1 cheval-vapeur.

La graine étant concassée on la porte au moulin à meules verticales : cet appareil, représenté en élévation et en coupe par les fig. 1210 et 1211, se compose de 2 meules verticales A,A, montées sur un essieu commun B, passant dans une entaille *a*, pratiquée dans l'arbre vertical C; disposition qui permet aux meules de monter ou de descendre suivant la résistance qu'elles rencontrent. L'arbre C, porte un ramasseur J, que l'on élève ou que premier la graine refoulée vers le centre, l'autre la graine qui s'écarte vers la circonférence. Pendant toute la marche de l'opération le râcloir J a été soulevé. Lorsque la graine est suffisamment écrasée on abaisse le râcloir J, et on fait écouler la pâte par une ouverture que l'on ferme ensuite au moyen de la vanne G. On relève le râcloir J, et on recharge l'appareil qui fonctionne comme précédemment.



1210



1211.

l'on abaisse au moyen du levier K, et deux râcloirs H et I, destinés à ramener sous les meules la graine qui s'en écarte : H, est en tôle, I, est en bois. Les deux meules A, A, tournent sur une meule dormante D, fixée sur un massif de maçonnerie et percée à son centre d'un trou qui laisse passer la pièce *p* portant la crapaudine *c* de l'arbre C; cette pièce *p* repose sur un pont O supporté par les vis *e*, *e*, qui servent à l'élever ou à l'abaisser suivant que l'on veut ou non, engrener l'arbre M ; la meule D est entourée d'un rebord en bois F, encastré dans la meule et qui n'en laisse à nu que la partie sur laquelle tournent les meules verticales. Enfin le mouvement est donné à l'arbre C au moyen d'un engrenage conique L.

Les meules étant en mouvement, on jette, dans l'auge circulaire où elles se meuvent, une charge de graines concassées (de 60 à 80 kil. suivant la graine). L'arbre des meules pouvant se mouvoir dans l'entaille *a*, elles pourront monter ou descendre suivant l'obstacle qu'elles rencontreront, elles agiront alors par leur propre poids, mais comme elles sont cylindriques et qu'elles tournent sur une surface plane, il s'ensuit que dans leur rotation autour de l'arbre, elles doivent glisser : ainsi donc la graine se trouve écrasée par un poids très considérable, et en outre elle se trouve froissée. Ce froissage produit un mouvement de torsion qui la renvoie vers les deux bords. Les râcloirs H et I servent à ramener, le

Les meules sont en granit : elles ont de 2^m à 2^m,50 de diamètre, sur 0^m,40 à 0^m,45 d'épaisseur, leur vitesse est de 13 tours à la minute. Une paire de meules pèse de 7 à 8,000 kil., et écrase par jour de 2,500 à 3,000 kil. de graine. Cette machine absorbe une force de 4 chevaux-vapeur.

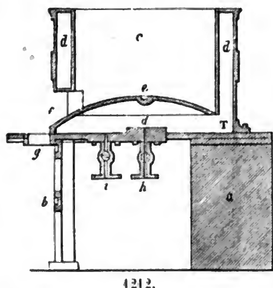
Lorsque la graine est suffisamment broyée, elle forme une pâte dont l'huile est la partie liquide. Quelquefois on l'extrait de suite en soumettant la pâte à une pression énergique, on obtient alors une *huile vierge* d'un goût agréable, et plus propre à l'apprêt des aliments : mais le rendement est moindre et le travail plus long.

On obtient des résultats différents si la matière pâteuse a été préalablement chauffée dans des appareils nommés *chauffoirs*. Cela se conçoit facilement, car les huiles se trouvent mélangées soit avec de l'albumine, soit avec de la légumine, qui en s'écoulant à froid, donnent un liquide visqueux difficile à épurer. En faisant chauffer, tous ces inconvénients disparaissent, l'albumine est coagulée et l'huile devenant plus fluide s'écoule plus facilement.

Ce chauffage, il est vrai, altère un peu la saveur des huiles, mais cela n'a aucun inconvénient pour celles qui sont destinées à l'éclairage et à la fabrication des savons.

Les appareils que l'on emploie pour le chauffage de

la graine sont des vases en fonte ou en cuivre, chauffés à feu nu ou à la vapeur. Le chauffage à feu nu a ici tous les inconvénients qu'il présente lorsqu'il s'applique à des substances altérables par une température peu élevée; au moyen d'un agitateur on peut, il est vrai, diminuer les chances d'altération : en Allemagne on remédie en partie aux inconvénients que présente le chauffage à feu nu en chauffant la graine au *bain marie*; mais dans les huileries bien montées et qui ont la vapeur pour moteur, il vaut mieux employer le chauffage à la vapeur; de cette manière on n'a qu'un seul foyer à surveiller, celui du générateur, tandis qu'à feu nu chaque chauffoir a un foyer. La fig. 1212 montre la coupe



1212.

transversale d'un chauffoir à vapeur. L'appareil porte d'un côté sur le massif *a* et de l'autre sur le châssis *b*; *c*, est une bassine en fonte dont le fond est convexe, et porte à son centre une crapaudine, dans laquelle s'engage le pivot de l'agitateur G (figures 1213 et 1214); *d*, enveloppe de la bassine *c* pour la circulation de la vapeur. La bassine et son enveloppe sont fondues d'une seule pièce et fixées sur la plaque T au moyen de boulons. La vapeur est admise dans la double enveloppe par le tuyau *h*, et l'eau de condensation s'écoule par le tuyau *i*.


1213.


1214.

Quand la graine a atteint une température de 50 à 55° C, l'ouvrier retire la double porte *f* (fig. 1215), et reçoit la pâte dans des sacs disposés, pour la recevoir, au-dessous de l'ouverture *g*.


1215.

Lorsque le sac est rempli, il le pose sur une *étreindelle* de crin doublée en cuir, puis il y répartit la graine le plus uniformément possible afin de lui donner une épaisseur égale d'un bout à l'autre; car si la couche était plus épaisse dans un endroit que dans un autre, la pression se répartirait inégalement, l'huile resterait dans les parties les plus faibles, et dans les parties épaisses le sac serait coupé. Quand l'ouvrier a bien disposé son sac il l'enveloppe dans l'étreindelle et le porte dans l'appareil destiné à extraire l'huile.

Plusieurs systèmes de presses ont été employés; ce sont *les presses à vis*, *les presses à coins* et *les presses hydrauliques*. Toutes ces presses doivent donner une pression énergique dans le moins de temps possible, sinon le tourteau, formant éponge, retient l'huile.

Les presses à vis ne donnent généralement qu'un effet peu considérable et ne peuvent être employées que dans les petites huileries.

Les presses à coins sont le plus généralement employées, surtout dans les moulins à vent du Nord, mais ces machines produisent un bruit insupportable, ce qui rend impossible leur établissement dans les villes.

Du reste ces appareils sont simples et économiques à établir, ils fonctionnent avec une grande régularité et donnent de bons résultats.

Une bonne presse à coins de *Maudslay* presse deux tourteaux à la fois et produit sur chacun d'eux un effort de 50 à 75,000 kil.

Mais dans un établissement bien monté et à la portée des mécaniciens on doit employer les presses hydrauliques.

Les presses hydrauliques verticales sont avantageuses, car elles produisent une pression considérable, mais elles le sont moins que les presses hydrauliques horizontales qui tout en produisant une pression énergique rendent la manœuvre plus facile.

Récemment on a employé, pour la seconde pression, des presses hydrauliques horizontales à double paroi chauffées par la vapeur. Quelques-unes de ces presses sont doubles, de sorte que quand un plateau serre l'autre desserre.

La première pression opérée on retire le tourteau du sac qui l'enveloppait, on le casse grossièrement, et on le fait passer de nouveau sous les pilons ou sous le moulin à meules verticales; ce second écrasage s'appelle *le rebat*. Lorsque la pâte est suffisamment rebattue on élève de nouveau la température dans les chauffoirs; on la reçoit ensuite dans des sacs et on la soumet à une seconde pression.

L'huile qui en provient est moins pure que la première, et en est généralement séparée; les tourteaux qu'on retire sont durs, secs, solides et ont environ 1 centim. 1/2 d'épaisseur.

Epuration des huiles. En sortant des presses, les huiles entraînent du mucilage et d'autres matières étrangères; un repos prolongé les clarifie en partie en laissant déposer les matières en suspension; mais ce repos ne suffit pas, il reste toujours des matières étrangères qui, mêlées à l'huile, la rendent impropre à bien des usages. Ces matières ne peuvent être enlevées que par un moyen chimique; c'est ce qui constitue *l'épuration des huiles.*

L'épuration des huiles consiste à les battre avec de l'acide sulfurique à 66°, à les agiter avec de l'eau, à les laisser reposer quelques jours, à les décanter et à les filtrer.

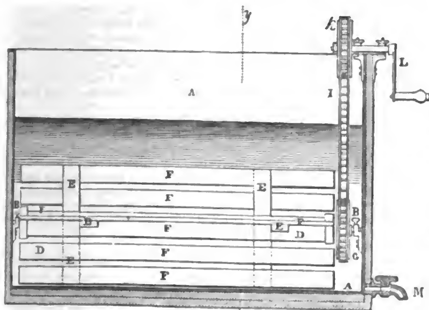
On emploie 2 centièmes du poids de l'huile en acide sulfurique. Souvent même on n'emploie que 0,5 p. 100 d'acide, si on chauffe les huiles à 60 ou 70° C. L'huile chauffée se travaille mieux.

Dans la plupart des fabriques le battage de l'huile se fait avec un *bouloir* formé d'un plateau cylindrique en bois de chêne de 15 centim. de diamètre fixé à un manche de 1m,50. Un ouvrier verse l'acide, l'autre bat le mélange avec son bouloir. Dans d'autres fabriques on a employé un agitateur mécanique composé d'un axe vertical armé de palettes inclinées, pour former des courants de bas en haut, mais dans ces appareils l'huile prend un mouvement horizontal qui fait que ce battage est moins bon que celui opéré à la main.

MM. Grouvelle et Jaunez ont construit un appareil qui donne de bons résultats (fig. 1216).

En voici la description : A, bac à fond cylindrique, doublé en plomb, pouvant contenir de 7 à 8 hectolitres d'huile jusqu'aux 2/3 de sa hauteur totale. Au fond de ce bac est ajusté sur de petits coussinets en cuivre B, tenus par des vis et soudés au plomb, un agitateur horizontal C formé d'un arbre D, avec des tourillons et des pattes en cuivre (car le fer serait attaqué par l'acide sulfurique), armé de quatre palettes en bois E, E, formées de planches espacées F, F, pour briser les courants de

l'huile. La hauteur de cet agitateur ne doit pas excéder la moitié de celle du bac, afin que, dans tous les cas, il soit constamment recouvert de liquide : car, s'il le dépassait en partie, son mouvement enlèverait une masse d'huile qu'il projetterait en dehors. Noyé au contraire dans l'huile, quand on lui donne une vitesse de 15 à 20 tours par minute, il y produit des bouillonnements très rapides qui ramènent sans cesse l'huile de bas en haut; la mêlent et l'agitent en tous sens; le battage est si parfait qu'en 25 minutes un enfant peut l'opérer complétement. L'agitateur C est mis en mouvement au moyen des poulies G et K et de la chaîne sans fin I.



1216.

On verse lentement l'acide dans l'huile en faisant manœuvrer l'agitateur, on bat ensuite jusqu'à ce que le mélange ait une teinte verte. On laisse reposer environ 24 heures, temps pendant lequel l'acide s'empare de toutes les matières étrangères. On ajoute ensuite un volume d'eau pure, à 45 ou 55° C, égal au 2/3 de celui de l'huile, et on agite de nouveau jusqu'à ce que le mélange ait une apparence laiteuse. Si on a une machine à vapeur ou bien des chauffoirs à la vapeur, on pourra employer l'eau de condensation pour cette opération ; dans le cas contraire, on a une chaudière qui peut contenir de 40 à 50 litres et qu'on chauffe au moyen du fourneau de l'établissement. Lorsque le mélange est assez battu on le laisse reposer pendant deux ou trois semaines; l'huile s'éclaircit, et un dépôt noirâtre se forme au fond du tonneau. On décante l'huile surnageante au moyen d'un robinet, et on la reçoit dans des cuves dont le fond est percé de trous garnis de mèches de coton.

On pourrait remplacer les mèches de coton par plusieurs dispositions de filtres. Quelquefois on emploie une couche de tourteaux d'œillette en poudre, ou des lits alternatifs de paille et de charbon. M. Grouvelle a employé avec avantage une couche de mousse recouverte d'un lit de tourteau. M. Dubrunfaut s'est servi d'un filtre, dont la matière en couches plus ou moins épaisses était maintenue entre deux treillages en bois. Enfin on a essayé d'employer des pompes, mais elles s'engorgent rapidement. Les huiles épurées par ce procédé perdent de 2 à 5 p. 100 de leur poids.

Le procédé d'épuration que nous venons de décrire est long; de plus, l'huile ainsi épurée retient une forte proportion d'eau, on remédie à ces inconvénients en saturant l'acide par du carbonate de chaux.

On ajoute les 2 p. 100 d'acide sulfurique, comme nous l'avons dit ; puis, quand le dépôt s'opère, on ajoute de la craie; le papier de Tournesol indique quand la saturation est complète : on laisse reposer quelques heures et on soutire l'huile dans les filtres.

Au lieu de terminer par une filtration on peut employer le procédé suivant indiqué par M. Dubrunfaut et qui donne de bons résultats.

Dans une futaille de 6 hectolitres, on verse 50 kil. de tourteaux de graine, on bat le mélange et on laisse déposer; après 8 ou 9 jours on soutire 4 hectolitres d'huile parfaitement claire, qu'on remplace par une égale quantité d'huile trouble; 3 jours après on retire 4 hectolitres et on continue ainsi jusqu'à ce que les 50 kil. de tourteaux ne clarifient plus. Ces 50 kil. de tourteau peuvent clarifier 200 hectolitres d'huile.

Une fois épurées les huiles de graines peuvent être livrées à la consommation ; lorsqu'on ne peut les débiter de suite, on les conserve dans de vastes citernes en briques bien cimentées.

L'huile bien épurée doit brûler sans noircir ni charbonner la mèche, ni la couvrir de champignons ; elle doit être limpide et n'avoir rien perdu de sa viscosité. On reconnaît qu'une huile n'a pas été épurée en y versant de l'acide sulfurique, il s'y forme aussitôt un dépôt noir; dans le cas contraire, le dépôt est blanc.

Emploi des résidus. Les résidus d'huilerie sont : 1° les tourteaux; 2° les fèces épaisses et brunes qui se trouvent entre l'huile claire et l'eau acidulée; 3° les eaux acides provenant de l'opération.

Les tourteaux servent à la nourriture des bestiaux, on les emploie aussi comme engrais; dans ces derniers temps, M. Payen a proposé de les employer pour dénaturer le sel qui doit servir à la nourriture des bestiaux, espérant par ce moyen éviter toute fraude préjudiciable au trésor public.

Dans le nord de la France les *fèces* sont vendues aux savonniers pour en faire du savon mou, on peut aussi les employer pour préparer du gaz d'éclairage, enfin dans quelques fabriques on leur fait subir un traitement spécial pour en retirer l'huile qui s'y trouve.

Les eaux acides servent pour décaper la tôle; *la glycérine* qui s'y trouve fait que l'acide sulfurique dissout l'oxyde de fer sans attaquer le fer.

EXTRACTION DE L'HUILE D'OLIVES. Les olives à leur maturité sont réduites en pâte au moyen d'un moulin composé d'une seule meule verticale; au sortir du moulin, la pâte est mise dans des *cabas* ou *scoufins* et portée sous un pressoir, l'huile que l'on obtient est une *huile vierge* recherchée pour la préparation des aliments. Après cette première pression la pâte contient encore une forte proportion d'huile, on dépresse, on enlève les cabas, on les ouvre et on verse dans chacun une mesure d'eau bouillante; on replace les cabas sous le pressoir que l'on fait fonctionner une seconde fois.

Les tourteaux qui sortent de la deuxième pression contiennent encore une si forte proportion d'huile qu'on les traite dans des ateliers spéciaux appelés *recenses*, là on sépare les noyaux, on recueille les pellicules, on les chauffe et on les presse ensuite.

Quand l'huile est extraite par la première pression

on la met dans des *jarres* en grès placées dans des appartements exposés au midi et où l'on maintient une température de 14 à 15° C. Lorsque l'huile est transparente on transvase la partie claire dans d'autres vases et on laisse déposer encore la partie trouble. Lorsqu'on en a de grandes quantités à conserver, on la met dans des fosses bien cimentées que l'on appelle *piles*.

L'huile d'olives est employée comme aliment, elle sert à fabriquer du savon; en médecine, elle entre dans la composition de certains emplâtres, mêlée avec la cire et l'eau elle forme le cérat. Les horlogers s'en servent pour adoucir les frottements.

Le prix élevé de l'huile d'olives fait qu'on la falsifie avec celle d'œillette et quelquefois avec celle de faîne, on reconnaît cette fraude au moyen de l'acide hypo-nitrique qui solidifie l'huile d'olives et laisse liquides les autres huiles. On mêle 5 grammes de l'huile à essayer avec 1 centigramme d'acide hypo-nitrique dissous dans 3 centigrammes d'acide nitrique à 35°; si l'huile essayée contient 1/100° d'huile d'œillette la solidification sera retardée de 40 minutes, elle le serait de 90 pour 1/20° d'huile d'œillette. (Boudet, *Annales de chimie et de physique*, LV, 391).

Nous passerons maintenant à l'étude des propriétés principales des autres huiles que l'on rencontre le plus fréquemment dans le commerce.

Huile de navette. Cette huile, non siccative, a une odeur agréable, une couleur jaune et une viscosité assez grande; on l'extrait des semences du *brassica napus*, à 15° sa densité est de 0,9128. Cette huile sert surtout à l'éclairage, à la fabrication des savons verts, dans le foulage des étoffes de laine et la préparation des cuirs.

Huile de colza. Cette huile a les plus grands rapports avec l'huile de navette; elle s'extrait du *brassica campestris* à 15°, sa densité est de 0,9136, elle est employée aux mêmes usages que la précédente.

Huile de moutarde. Cette huile s'extrait de la graine de moutarde (sinapis alba et nigra). Elle est inodore, épaisse, d'une saveur douce et ambrée à 15°; la densité de l'huile de graine de moutarde noire est de 0,9170. Cette huile donne un savon très solide. On commence maintenant à l'employer aux mêmes usages que les précédentes.

Huile d'œillette ou de pavot. Siccative, d'une saveur douce rappelant celle de la noisette, sans odeur, d'une couleur jaune pâle. Pesanteur spécifique 0,9243.

Huile de lin. Siccative, couleur jaune clair, si elle a été exprimée à froid, et jaune-brun si elle l'a été à chaud; d'une odeur forte et d'une saveur désagréable. Densité, 0,9347. Cette huile rancit très facilement; on s'en sert pour la préparation des vernis gras, des couleurs à l'huile, de l'encre d'imprimerie, dans l'éclairage et la médecine, etc.

Huile de chenevis. Siccative, jaune-verdâtre à l'état frais et jaunissant avec le temps; odeur fade, saveur assez agréable quand elle a été préparée avec soin. Densité, 0,9276. On s'en sert en peinture, dans la fabrication des savons noirs, etc., etc.

HUILES ESSENTIELLES.

Presque toutes les huiles essentielles sont âcres, caustiques, sans viscosité, et, généralement, plus légères que l'eau. Plusieurs sont colorées, les unes en jaune, d'autres en vert, d'autres en bleu. Quoique douées d'une forte odeur elles n'entrent pas en ébullition si facilement que l'eau.

Sous le rapport de la composition elles se divisent en deux classes : 1° celles qui renferment de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone; 2° celles qui ne contiennent que ces deux derniers éléments.

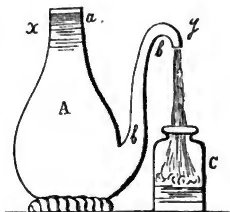
Si on en verse une certaine quantité dans une capsule, et qu'on en approche un corps en combustion, elles s'enflamment promptement et répandent une fumée noire et épaisse.

Introduites sous une cloche avec de l'oxygène elles en absorbent une certaine proportion. Quelques-unes s'épaississent tellement qu'elles se solidifient. Elles sont insolubles dans l'eau, très solubles dans l'alcool, et d'autant plus, qu'elles sont plus oxygénées. Enfin les huiles essentielles se combinent avec les huiles fixes, dissolvent les résines, le camphre et même le caoutchouc.

Les huiles essentielles se trouvent dans tous les végétaux aromatiques, ce sont les huiles qui leur communiquent l'odeur qu'ils exhalent : elles se trouvent répandues dans toutes les parties des végétaux.

Presque toutes les huiles essentielles peuvent s'obtenir par la distillation: on l'exécute en distillant de l'eau dans un alambic, et en mettant avec l'eau la plante qui contient l'huile essentielle. Ici ce liquide sert à maintenir la température constante et à empêcher la plante de brûler, de plus il favorise la vaporisation de l'huile essentielle.

Suivant sa densité on emploie deux moyens pour recueillir l'huile. Si elle est plus dense que l'eau on reçoit tout le liquide dans un flacon de forme ordinaire, l'eau déverse par les bords et l'huile se réunit au fond. Si elle est plus légère que l'eau il faut donner au vase une forme telle que l'huile reste dans le vase en même temps que l'eau s'écoule. On emploie pour cela le *récipient florentin* (fig. 1217) qui se compose d'un vase A de la base



1217.

duquel part un tube recourbé en syphon *b*. L'huile forme toujours à la surface une couche *a* et l'eau s'écoule par le tuyau *b* aussitôt que le niveau est arrivé en *xy*. On extrait ensuite l'huile en versant le liquide dans un entonnoir effilé qui ne laisse couler que l'eau.

On peut encore se procurer certaines huiles essentielles par la pression, mais ce procédé n'est praticable que sur les zestes dont la partie charnue de quelques plantes est enveloppée.

Certaines huiles essentielles sont employées comme aromates dans la fabrication des savons de toilette, d'autres pour dissoudre des résines, d'autres en médecine, d'autres pour enlever les taches.

Nous examinerons succinctement les principales huiles essentielles.

Huile essentielle de térébenthine. Cette essence se retire, par la distillation, de la térébenthine que fournissent les arbres résineux et surtout le *pinus maritima*.

Celle du commerce est toujours colorée en jaune; elle contient toujours une résine qui vient de l'action de l'air sur l'huile. Pour la purifier on la redistille avec de l'eau et on l'agite ensuite avec du chlorure de calcium.

Purifiée, l'essence de térébenthine est incolore d'une

odeur forte et désagréable. Sa densité à 22°,5 est de 0,86.

L'essence de térébenthine est employée en médecine et dans la préparation des vernis.

Huile essentielle de citron. Cette essence s'extrait par pression de l'écorce du citron (*citrus medica*). On prend des citrons bien frais et bien murs, on en râpe l'écorce, et on la soumet à la presse. L'huile volatile se sépare : on la garde en repos pendant quelque temps, ensuite on la décante et on la conserve dans des vases fermés.

Pour l'avoir très pure on est forcé de la distiller. L'huile distillée est incolore et a une pesanteur spécifique de 0,847.

Cette essence s'emploie principalement pour la toilette et pour enlever les taches d'huiles grasses de dessus le linge et toutes sortes d'étoffes.

Essence de rose. L'essence de rose est incolore, plus légère que l'eau, solide à la température ordinaire, se liquéfie entre 29 et 30°. Elle s'extrait, par la distillation, des pétales de la rose muscate (*rosa sempervirens*) et vient du Levant dans de très petits flacons; on l'emploie comme cosmétique. Respirée en grande quantité, cette huile blesse l'odorat.

Essence de bergamotte. Cette essence est jaune, plus légère que l'eau, ne se congèle qu'à plusieurs degrés sous zéro; s'extrait ordinairement par la pression de l'écorce de bergamotte (*citrus limetta bergamotta*). Pour cela on choisit des bergamottes bien saines et bien mûres; on en râpe l'écorce et on la soumet ensuite à la presse. L'huile qui s'écoule est reçue dans des vases, où on la laisse en repos quelques jours; puis, on la décante et on l'enferme dans des vases fermés; on la distille ensuite, pour l'avoir tout à fait pure. On l'emploie en médecine et comme cosmétique.

Huile essentielle d'anis. L'huile d'anis est extraite par distillation des graines d'anis (*anisum pimpinella*); elle est blanche ou faiblement jaunâtre; sa densité est de 0,287; elle est soluble dans l'alcool absolu; on l'emploie en médecine et dans l'économie domestique. Dans ces derniers temps on a vendu de l'huile d'anis falsifiée. Le mélange était composé, d'après M. Dubail, d'essence d'anis, d'essence de citron et d'alcool.

Essence de lavande. Elle s'obtient par la distillation des fleurs de lavande (*lavandula spica*). On l'emploie en médecine et dans la parfumerie. Rectifiée par une nouvelle distillation, elle donne un produit qui a une densité de 0,877.

Huile volatile de fleurs d'oranger. Liquide d'un jaune orangé, plus léger que l'eau; se retire des fleurs d'oranger (*citrus aurantium*). On l'emploie en médecine et comme cosmétique. Elle est composée de deux huiles, l'une concrète, l'autre liquide à la température ordinaire. (*Annales de chimie et de physique*. XL, 83).

Essence de girofle. L'essence de girofle employée comme assaisonnement, comme parfum, et en médecine, se retire des clous de girofle. Celle du commerce est jaune-orange et impure; distillée, elle devient incolore; sa densité = 1,061. L'essence de girofle forme avec les bases de véritables combinaisons cristallisables.

Essence de jasmin. Cette huile d'une odeur très fugace ne peut s'obtenir et se conserver qu'au moyen du procédé suivant : au fond d'une boîte en fer-blanc on étend un drap de laine blanche imprégné d'huile d'olive; on le recouvre d'un lit de fleurs récentes de jasmin (*jasminum officinale*). Sur ces fleurs on étend un deuxième drap que l'on recouvre d'une deuxième couche de fleurs et ainsi de suite jusqu'à ce que la boîte en soit remplie, et on comprime le tout au moyen d'un couvercle. Au bout de vingt quatre heures on retire les fleurs, on les remplace par de nouvelles que l'on dispose de la même manière, et qu'on renouvelle jusqu'à ce que l'huile fixe soit bien chargée d'odeur. Alors on met les morceaux de drap dans l'alcool, on les exprime bien et on distille au bain-marie ce mélange d'alcool et d'huile odorante, l'alcool se volatilise et se rend dans le récipient chargé de vapeurs de jasmin; il prend chez les parfumeurs le nom d'*essence de jasmin*.

Huile volatile de l'eau-de-vie de pommes de terre. C'est à cette huile que les eaux-de-vie de pommes de terre doivent l'odeur et la saveur désagréables qu'on leur connaît. Elle se trouve renfermée dans la partie tégumentaire de la fécule et passe à la distillation avec les vapeurs d'alcool; elle s'en sépare à mesure qu'on le rectifie. Cette huile parfaitement pure est limpide, incolore, d'une odeur nauséabonde. (*Annales de chimie et de physique*, LVI, 314). A. CURTEL.

HYDRACIDES. Acides non oxygénés, dans lesquels l'hydrogène joue le rôle d'élément électro-positif. Les principaux, sont les acides hydro-chlorique, hydrobromique, hydriodique, hydro-fluorique et l'hydrogène sulfuré, dont nous nous occuperons dans autant d'articles distincts.

HYDRATES. Combinaisons des oxydes métalliques, avec une quantité d'eau déterminée.

HYDRATÉS. Se dit des acides, oxydes et sels qui renferment de l'eau de combinaison en proportions définies.

HYDRAULIQUE. L'hydraulique comprend l'étude des phénomènes que présentent les fluides en mouvement et des moyens d'en tirer un parti utile. Nous ne parlerons ici que des fluides incompressibles, tels que l'eau, auxquels on donne quelquefois le nom de liquides. Cette étude se divisera en quatre parties, savoir : des lois de l'écoulement de l'eau contenu dans un réservoir; des eaux courantes; de l'emploi de l'eau comme moteur; et enfin, des machines à élever l'eau.

I. DES LOIS DE L'ÉCOULEMENT DE L'EAU CONTENUE DANS UN RÉSERVOIR.

Supposons d'abord que le réservoir soit constamment plein d'eau.

L'ouverture par laquelle l'eau s'écoule est tantôt entièrement recouverte par le fluide et prend alors le nom d'*orifice*, tantôt elle n'est pas limitée à sa partie supérieure et constitue un *déversoir*. On dit qu'un orifice est en *mince paroi*, lorsqu'il est pratiqué dans une paroi dont l'épaisseur est au-dessous de la moitié de sa plus faible dimension; d'autres fois, il est garni d'un *ajutage*, court tuyau, tantôt *cylindrique*, le plus souvent *conique et convergent*, et rarement *divergent*. La distance verticale du fluide, dans le réservoir, au centre de gravité de l'orifice, est ce qu'on nomme la *charge d'eau* sur l'orifice à laquelle est dû l'écoulement.

Soit H, la charge d'eau sur l'orifice,
V, la vitesse moyenne de l'eau,
Et $g = 9,8088$, la vitesse acquise par les corps graves, soumis à l'action de la pesanteur, à la fin de la première seconde de leur chute,

Dans le cas d'un orifice en mince paroi, on aura :

$$V = \sqrt{2gH}$$

C'est-à-dire que les vitesses sont proportionnelles aux racines carrées des charges;

Soit Q la dépense d'eau par seconde,
m, un coefficient constant,
S, la surface de l'orifice,

On aura :

$$Q = m\,VS = m\,S\,\sqrt{2g\,H}.$$

m étant égal à 0,62 dans les orifices en mince paroi. Ce qui donne :

$$Q = 2,75\,S\,\sqrt{H}.$$

Dans les orifices munis d'un ajutage cylindrique, d'une longueur égale à trois ou quatre fois au moins la plus faible dimension de l'orifice, et où l'écoulement se

fait à *gueule-bée*, c'est-à-dire à plein tuyau, la vitesse d'écoulement est :

$$V = 0{,}82\ \sqrt{2g\,H}.$$

Et la dépense :

$$Q = 0{,}82\,S\,\sqrt{2g\,H} = 3{,}62\,S\,\sqrt{H}.$$

Les ajutages coniques et convergents employés dans les usines, et dont l'angle est de 10 à 12°, diminuent très peu la dépense et la vitesse effective, qui sont environ les 0,98 de la dépense et de la vitesse théorique.

Les ajutages coniques et divergents peu employés, peuvent donner une dépense double des orifices en mince paroi.

Lorsque la charge sur le centre de l'orifice est très faible, par rapport à la hauteur de cet orifice, la vitesse moyenne d'écoulement est un peu plus faible que celle donnée par les formules ci-dessus.

Si, à la partie supérieure d'une des parois d'un bassin, on pratique une échancrure rectangulaire dont la base soit horizontale, l'eau du bassin, qu'on suppose toujours entretenu constamment plein, sortira en se déversant sous forme de nappe par dessus cette base ou *seuil*, ce qui a fait donner le nom de *déversoir* à une telle ouverture.

Soit H la charge d'eau sur le seuil,
l, la largeur du déversoir,
L, la largeur d'un bassin,
Q, la dépense par le déversoir,
Pour l plus petit que 1/3 L, on aura :

$$Q = 1{,}77\,l\,H\,\sqrt{H}$$

Pour $l = L$, ce qui est le cas d'un barrage proprement dit :

$$Q = 1{,}96\,L\,H\,\sqrt{H}.$$

Et pour des valeurs de l intermédiaires, le coefficient de l'expression de Q variera de 1,77 à 1,96.

Passons maintenant au cas où le réservoir se vide.

Les problèmes qui se rapportent à ce cas se résolvent facilement à l'aide des données précédentes et du théorème suivant : le volume d'eau sorti par un orifice quelconque d'un vase prismatique, qui se vide jusqu'à ce qu'il le soit entièrement, n'est que la moitié de celui qu'on aurait eu, pendant le temps que le vase a mis à se vider, si l'écoulement s'était effectué constamment sous la charge primitive.

Si donc l'on connaît cette charge et la section horizontale du bassin supposé prismatique, on pourra aisément déterminer le temps que le bassin mettra à se vider, en traduisant le théorème précédent par une équation.

On trouvera de même le temps que le niveau mettra à baisser d'une quantité donnée, en prenant la différence des temps qu'il mettrait à se vider étant au niveau primitif, et à un niveau inférieur de l'abaissement donné.

En transformant l'équation qui donnera le temps que le niveau met à baisser d'une quantité donnée, on pourra en tirer l'expression du volume d'eau écoulée dans un temps donné.

Enfin, il nous reste à envisager l'écoulement lorsque le fluide passe d'un réservoir dans un autre, disposé de manière à ce que l'orifice de communication soit en totalité noyé.

Lorsque les niveaux seront constants dans chacun des deux réservoirs, ce qui arrive, par exemple, lorsqu'un bief de canal fournit l'eau au bief immédiatement inférieur, par un pertuis placé au-dessous du niveau de ce dernier, on adoptera pour la dépense d'eau les formules données plus haut pour l'écoulement à l'air libre, en prenant pour H la différence du niveau de l'eau dans les deux réservoirs.

Lorsque le niveau est constant dans le réservoir supérieur et variable dans l'autre, ou réciproquement, ce qui est le cas des sas d'écluses, par rapport aux biefs supérieur et inférieur, on pourra déterminer le temps qu'il faudra pour remplir ou pour vider le sas d'écluse, par les calculs indiqués plus haut dans le cas d'un réservoir qui se vide à l'air libre, en y remplaçant la section horizontale du réservoir par celle du sas, et la charge d'eau par la différence entre le niveau primitif de l'eau dans le sas et son niveau dans le bief supérieur ou inférieur.

II. DES EAUX COURANTES.

DES CANAUX. Les canaux diffèrent des rivières en ce qu'ils ont un lit régulier, ayant partout même pente et même profil.

La vitesse moyenne de l'eau y est, à très peu près, les 8/10es de celle à la surface.

Soit : p, la pente de la surface liquide, que l'on détermine par un nivellement à la surface.

c, le périmètre mouillé de la section $= l + h$ pour un canal rectangulaire, et $l + 2h\,\sqrt{t^2+1}$ pour un canal trapèze : t étant le talus à donner aux berges et qui est déterminé par la nature du terrain.

s, l'aire de cette section $= lh$ pour un canal rectangulaire, et $(l + th)\,h$ pour un canal trapèze.

Le rapport $\frac{s}{c}$ de l'aire au périmètre mouillé de la section $= n$,

v, la vitesse moyenne du courant,
Q, la dépense,
On aura entre ces quantités, les relations

$Q = vs$; et $np = 0{,}00036554\,(v^2 + 0{,}0664\,v)$ qui, résolue par rapport à v, donne $v = \sqrt{2736\,np} - 0{,}033$.

Équations qui, étant données toutes les quantités qu'elles renferment, une exceptée, serviront à déterminer cette dernière.

Pour les canaux rectangulaires, *aqueducs* et *coursiers*, il convient de leur donner des dimensions telles, que la largeur soit à peu près double de la profondeur de l'eau, c'est-à-dire que $l = 2h$; d'où $c = 4h$, $s = 2h^2$ et $n = h/2$; h sera donné, en fonction de la dépense, par la formule $Q = vs$, qui devient ici $Q = 2vh$, la vitesse v étant une donnée arbitraire qui dépend de la pente et de la nature du canal.

Dans le cas d'un canal trapèze, soit m le rapport de la largeur au fond l, à la profondeur h, $l = mh$ et $s = h^2(m + t)$, équations qui permettent de déterminer l et h, m étant donné.

La valeur de t, doit être de 1/2 (1 de base sur 2 de hauteur), pour les talus en pierres sèches, 1 pour ceux en terres franches, et 2 pour les sables en terres coulantes.

L'aire s se détermine en divisant la dépense du canal par la vitesse moyenne que l'eau doit y prendre. Cette vitesse moyenne doit être telle que la vitesse au fond, qui en est, à très peu près, les 3/4, soit assez faible pour ne pas dégrader les parois du canal. Le tableau suivant indique les limites supérieures de la vitesse que l'eau peut prendre au fond des canaux, selon leur nature, sans les dégrader.

Nature du fond.	Limite de la vitesse
Terres détrempées.	0m,076
Argiles tendres.	0m,152
Sables.	0m,305
Graviers.	0m,609
Cailloux.	0m,614
Pierres cassées, silex.	1m,220
Cailloux agglomérés, schistes tendres.	1m,520
Roches en couches.	1m,830
Roches dures.	3m,050

La vitesse au fond, et par suite la vitesse moyenne, étant ainsi prises arbitrairement et inférieures aux li-

mites maximum que nous venons d'indiquer, on en déduit, au moyen des formules précédentes, la forme à donner au canal, puis ses dimensions en fonction de la quantité d'eau qu'il doit débiter.

Dans les grandes vitesses, celles de 1^m et au-dessus, on remplace la valeur de Q que nous avons donnée, par la suivante :

$$Q = 51\, s\, \sqrt{n\, p}.$$

Prise d'eau des canaux.

Les canaux, à l'exception des canaux de navigation à point de partage, prennent leurs eaux dans des réservoirs, bassins ou retenues, placés à leur tête, et qui sont le plus souvent des portions de rivière dont le niveau est élevé à cet effet par un barrage.

La tête du canal, au point de prise, est ou entièrement ouverte, ou bien elle est garnie d'un vannage.

Canal libre à son entrée. L'eau, à son entrée dans un canal ouvert, forme une chute : son niveau baisse jusqu'à une certaine distance, puis il se relève un peu, par de légères ondulations, au-delà desquelles la surface fluide prend et conserve une forme à peu près plane et parallèle au fond du lit, sa pente et son profil étant toujours censés constants. La vitesse s'accélère depuis le haut jusqu'au bas de la chute ; elle diminue ensuite, pendant le relèvement de la surface, et bientôt après le mouvement se continue d'une manière sensiblement uniforme.

Soit H, la hauteur de l'eau dans le réservoir au-dessus du seuil de l'entrée du canal ; h, la profondeur constante du courant après que le mouvement y est devenu uniforme ; et v, la vitesse de ce mouvement : soit en outre D, la différence de niveau entre la surface de l'eau dans le réservoir et à l'extrémité du canal, et L, la longueur de ce dernier ; on aura .

$$H - h = 0{,}06225\, v^2 ; - p\, L = D - (H - h) ;$$

$$v = \sqrt{2736\, n\, p} - 0{,}033 ; \text{ et } Q = s\, v ;$$

Au moyen de ces équations on pourra déterminer la dépense, la pente ou une des dimensions du canal, les autres quantités étant connues.

La plupart du temps, les prises d'eau ont pour but d'utiliser celle-ci comme moteur ; or la force qu'a un courant pour mouvoir des machines dépend non seulement de la quantité d'eau qu'il mène, mais encore de la hauteur dont elle peut tomber, c'est-à-dire de la différence de niveau entre la surface de la retenue à l'extrémité du canal, et le point de la rivière où cette eau peut lui être rendue en aval de l'usine : cette force est mesurée par le produit de la quantité d'eau par la hauteur de la chute. Plus on donnera de pente au canal, et plus on augmentera la quantité d'eau, un des facteurs du produit ; mais, en même temps, on diminuera l'autre facteur, la chute ; et il arrivera que le produit, après avoir d'abord augmenté avec la pente, diminuera ensuite, lorsqu'elle continuera à augmenter : il y a donc un maximum de force qu'il importe de déterminer, ce qu'on fera par tâtonnement, en déterminant chacun des facteurs du produit et par suite ce dernier, pour une série de pentes croissant, par exemple, par millièmes, et s'arrêtant aussitôt qu'il commence à diminuer.

Canal avec vannage. Lorsqu'un canal reçoit l'eau par l'ouverture d'un vannage établi à sa tête, ce qui est le cas de presque tous les coursiers des usines, et que sa charge sur le centre de l'orifice est forte et dépasse deux ou trois fois la hauteur de cet orifice, son bord supérieur n'est pas recouvert par l'eau de l'aval, et la dépense est donnée par la formule :

$$Q = 3{,}4\, l\, h\, \sqrt{H}$$

H, étant la charge sur l'orifice, l et h, la largeur et l'ouverture de la vanne.

Il suffira alors de donner au coursier une pente telle que l'eau débitée puisse s'écouler, ce que l'on calculera aisément par les formules que nous avons indiquées en parlant du mouvement de l'eau dans les canaux.

Si l'eau s'élève en aval de la vanne à une hauteur notable au-dessus du bord supérieur de l'orifice, la charge d'eau H de l'équation ci-dessus, sera égale à la différence du niveau de l'eau en amont et en aval de la vanne.

DES RIVIÈRES. Nous n'entrerons pas ici dans le détail du régime des rivières, des effets des remous, de l'affouillement des berges et du fond en aval des ponts et des barrages, dont il sera parlé dans des articles séparés : nous ne parlerons ici que du jaugeage des cours d'eau.

Indiquons d'abord le moyen de déterminer la vitesse d'un cours d'eau.

Le procédé le plus simple consiste dans l'emploi d'un flotteur qui, placé sur l'eau, en prend la vitesse. On se sert ordinairement de morceaux de bois ou autres corps d'une densité presque égale à celle de l'eau, et l'on compte le nombre de secondes qu'ils emploient à parcourir une distance préalablement mesurée. On les place sur le plus fort du courant, et assez en amont du point où commence l'observation, pour qu'en y arrivant ils aient déjà acquis la vitesse du fluide dans lequel ils sont plongés. La vitesse moyenne du cours d'eau sera approximativement les 0,8 de la vitesse ainsi observée.

On se sert très fréquemment du *moulinet de Woltmann* qui présente un arbre tournant, communiquant par un pas de vis avec un COMPTEUR (voir ce mot), et qui porte quatre petites ailes disposées comme celles d'un moulin à vent. Le courant les fait tourner, et du nombre de révolutions N, faites en un certain temps T, lequel est indiqué par l'instrument même, on conclut directement la vitesse $v = a\,\frac{N}{T}$, a étant un coefficient constant pour un même moulinet, et que l'on détermine en faisant parcourir au moulinet un certain espace dans une eau stagnante, dans un bassin, par exemple, et divisant l'espace parcouru par le nombre de tours de l'arbre.

Pour jauger les grandes rivières, on y prend une station en un point quelconque, on mesure l'aire de la section transversale, ainsi que la vitesse moyenne de cette section, et on multiplie ces deux quantités l'une par l'autre : à cet effet, transversalement à la rivière, à la station choisie, on jette plusieurs sondes : elles divisent la section en trapèzes, et on calcule l'aire de chacun d'eux. Puis, à peu près à égale distance entre les points de sondage, on conduit et fixe successivement un bateau d'où, avec un moulinet de Woltmann, on détermine plusieurs vitesses sur la même verticale ; on en prend la moyenne, et on la multiplie par l'aire du trapèze respectif. La somme de tous ces produits donne la dépense de la rivière.

Dans le cas des petits cours d'eau, ceux par exemple qui ne mènent que de 1 à 2 mètres cubes d'eau par seconde, on pratique un barrage dans le cours d'eau, par dessus lequel l'eau tombe en déversoir soit sur toute la largeur du barrage, soit une largeur inférieure ; puis mesurant la charge d'eau H sur le seuil, la largeur du déversoir l, et celle du barrage L, on calculera la dépense par la formule

$$Q = 1{,}77\, l H\, \sqrt{H}$$

lorsque l sera plus grand que $0^m{,}09$ et moindre que 1/3 L, et lH plus faible que la cinquième partie de la section du courant immédiatement en amont du réservoir

Lorsque l sera égal à L, et que H sera plus grand que $0^m{,}06$ et plus faible que le quart de la profon-

deur du courant derrière la digue, on emploiera la formule

$$Q = 1,96\,L\,H\,\sqrt{H}$$

Lorsque H sera supérieur au quart de la profondeur d'eau, on emploiera la formule

$$Q = 1,92\,L\,H\,\sqrt{H + 0,115\,w^2}$$

w étant la vitesse de la surface du courant à son arrivée au déversoir, que l'on détermine par expérience, ordinairement au moyen d'un flotteur.

La vitesse d'une rivière est faible lorsqu'elle se trouve au-dessous de 0^m,50, elle est ordinaire de 0^{m}60 à 1^m, grande au-delà, et fort grande si elle dépasse 2^m. La vitesse de la Seine, aux environs de Paris, est de 0^m,60 à 0^m,65, celle du Rhône et du Rhin de 2^m environ.

Un cours d'eau prend déjà place parmi les rivières lorsque, dans son état ordinaire, il mène de 10 à 12 mètres cubes d'eau par seconde. De 30 à 40, c'est ordinairement une rivière navigable; à 100 mètres et au-dessus, c'est un fleuve : ainsi, la Seine, à Paris, sur une largeur moyenne de 130 mètres et une profondeur moyenne de 1^m,50, mène environ 130 mètres cubes d'eau; la Garonne, à Toulouse, en a 150, dans son état ordinaire; le Rhône plus de 600, à Lyon; et le Rhin 950 à Strasbourg, et 1700 à Nimègue, avant sa jonction avec la Meuse.

DU MOUVEMENT DE L'EAU DANS LES TUYAUX DE CONDUITE. Prenons d'abord le cas d'une conduite simple : si nous désignons par H la charge de la conduite ou la hauteur verticale entre l'orifice de sortie et la surface du fluide dans le réservoir; D, étant le diamètre de la conduite; L, sa longueur; et Q le débit par seconde, on aura :

$$(1)\; Q = 24,22\sqrt{\frac{HD^5}{L}} - 0,0216\,D^2$$

Qui, pour les vitesses supérieures à 0^m,60 se réduira avec une approximation suffisante, à

$$(2)\; Q = 20,3\sqrt{\frac{HD^5}{L}}$$

Très souvent on donne la dépense et la charge d'eau et on demande le diamètre que doit avoir la conduite.

On détermine d'abord D par la formule (2) qui donne

$$D = 0,298\sqrt[5]{\frac{LQ^2}{H}}$$

et qui suffit pour les vitesses au-dessus de 0^m,60. Lorsque la vitesse $\frac{4\,Q}{\pi D^2}$ est moindre, la valeur de D ainsi trouvée sera un peu trop faible; on l'augmentera graduellement, en la substituant chaque fois dans la valeur (1) de Q jusqu'à ce que l'on arrive à une valeur du second membre supérieure à celle du débit à avoir.

Nous avons admis dans ce qui précède que les conduites étaient entièrement ouvertes à leur extrémité; mais, presque toujours, elles sont terminées par des bouches d'eau, des robinets, ou des ajutages qui en rétrécissent l'ouverture. Dans ce cas, pour des vitesses au-dessus de 0^m,50, ce qui est le cas le plus ordinaire, on a :

$$Q = 20,73\sqrt{\frac{HD^5}{L + 35,47\,\frac{D^5}{m^2 d^4}}}$$

$$\text{et } D = 0,298\sqrt[5]{\frac{LQ^2}{H - 0,0826\,\frac{Q^2}{md^2}}}$$

d étant le diamètre de l'ajutage à son orifice de sortie, et *m* le coefficient de contraction qui le concerne.

Supposons maintenant qu'il s'agisse de l'établissement d'un système de conduites d'eau, destiné, par exemple, à l'alimentation d'une ville, cas dans lequel on emploie généralement une maîtresse conduite alimentant dans sa longueur, par divers branchements, autant d'écoulements d'un volume déterminé. On tracera d'abord un plan de la conduite et de ses branchements, on multipliera par 3/2 le volume de chaque dépense d'eau, afin de subvenir aux obstructions, coudes et autres résistances accidentelles, puis, prenant une conduite d'un diamètre donné, on calculera les *pertes de charges* partielles occasionnées par le transport successif des volumes que chaque portion de la conduite doit débiter. On ajoutera toutes ces pertes pour avoir la perte totale, jusqu'au dernier orifice, et on s'assurera si la charge restante est suffisante pour assurer l'écoulement du volume d'eau à débiter par cet orifice; on arrivera ainsi à déterminer par tâtonnement d'abord le diamètre de la conduite principale, puis celui de ses embranchements : la perte de charge est la différence entre H et la *charge effective* ou la hauteur $\frac{v^2}{2g}$, à laquelle serait due la vitesse à l'extrémité de la partie de la conduite que l'on considère, et est représentée par l'expression $H - \frac{v^2}{2g} = H - \frac{2Q^2}{g\pi D^4}$. On abrége ces calculs en se servant de tables qui donnent cette valeur par mètre courant et d'après le diamètre de la conduite et son débit. Ces tables se retrouvent dans les traités d'hydraulique, l'aide mémoire de A. Morin, etc...

Souvent, lorsqu'on a une charge motrice suffisante, l'économie engage à rétrécir le diamètre des conduites, à mesure que le volume d'eau qu'elles doivent débiter diminue. Il faut alors s'assurer, par le calcul des portions de charges consommées par chaque partie de la conduite, que l'eau s'élèverait, à l'emplacement de chaque orifice, à une hauteur suffisante pour assurer l'écoulement, avec le volume demandé.

Les coudes ou changements de direction doivent toujours être formés de parties arrondies; on peut alors négliger les pertes de charge qui en proviennent et qui sont fort peu de chose par rapport à celles que produit le frottement.

Dans l'établissement des conduites d'eau, M. D'Aubuisson recommande en outre : 1° au lieu d'une seule conduite ou file de tuyaux, menant un certain volume d'eau, d'en établir deux, l'une à côté de l'autre, et dont chacune mène la moitié de ce volume, disposition qui augmente, il est vrai, d'environ 25 à 30 p. 100 les frais de premier établissement, mais qui présente le grand avantage d'assurer, en tout temps, la continuité du versement sur tous les points principaux ; 2° de faire aboutir de part et d'autre ces doubles conduites à un tambour en fonte, ou petite cuve de distribution, d'où partent ensuite les divers branchements; 3° enfin, de placer les conduites principales dans des galeries souterraines, ce qui rend leur inspection et leur réparation très facile ; quant aux conduites secondaires, on se contente de les enterrer à 1^m environ au-dessous du pavé des rues.

On place ordinairement, aux points culminants des conduites, des soupapes à flotteur, afin de donner issue à l'air qui se rassemble en ces points : les bornes-fontaines qu'on établit sur les points culminants des rues à double pente, à l'effet d'en laver les deux versants, remplissent également très bien l'office d'évents.

Aux parties basses des conduites et au sommet des angles rentrants, on adapte de *gros robinets de décharge*, que l'on ouvre de temps à autre pour nettoyer les tuyaux, en y faisant passer le plus d'eau possible.

L'entrée de toutes les conduites, à partir des réservoirs ou des cuves, ainsi que celles des branchements, doivent être munies d'un robinet destiné à refuser ou à

livrer à volonté passage à l'eau; pour les tuyaux d'un diamètre supérieur à 0m,10, on se sert de *robinets-vannes*, dont l'ouverture se ferme à l'aide d'une pelle convenablement disposée et qu'on lève ou baisse à l'aide d'une vis. Au-dessous de 0m,10, on a des robinets à tournant.

Dans les diverses formules que nous avons indiquées les longueurs étant toutes rapportées au mètre, la dépense Q est exprimée en mètres cubes, par seconde; si on veut l'avoir en *pouces d'eau* des fontainiers, unité indépendante du temps dont nous parlons ci-après, il faut le multiplier par 4320.

Du jaugeage des distributions d'eau. Pour la vente de l'eau, il importe d'évaluer en chaque instant les quantités dépensées par les orifices de distribution, de faire pour l'eau ce qui se fait pour le gaz par un compteur. Cependant on s'en est tenu jusqu'ici, dans la pratique, au moyen suivant pour les petits orifices :

On mesure exactement la dimension de l'orifice de sortie du tuyau, que l'on suppose plein d'eau, sous une pression constante, et on en conclut, comme résultat fourni par des expériences, qu'il doit donner tant de mètres cubes dans l'unité de temps.

On se sert alors d'une unité toute spéciale, dite pouce d'eau. Celle adoptée aujourd'hui a été ainsi déterminée par M. Prony. Si on pratique dans une paroi un orifice circulaire de 2 centimètres de diamètre, muni d'un ajutage cylindrique de 17 millimètres de longueur, le niveau de l'eau dans le réservoir étant maintenu à une distance de 3 centimètres au-dessus de la partie supérieure de l'orifice, la quantité d'eau qui s'écoule par cet orifice est de 20 mètres cubes en vingt-quatre heures.

Cuvettes de jauge et de distribution. Voyons maintenant comment on trouve le nombre de pouces d'eau qu'amène dans un réservoir central un conduit, une pompe. Pour cela, il nous suffira de décrire la cuvette de jauge qui est établie en haut de l'aqueduc de Marly, et qui est destinée à évaluer le produit des diverses pompes, les unes mues par des roues hydrauliques, les autres par une machine à vapeur qui élève les eaux de la Seine jusque sur cet aqueduc.

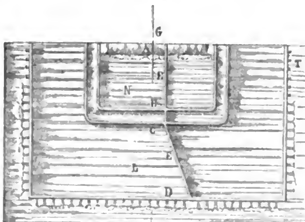
La fig. 1217 *bis* représente le plan de cette cuvette de jaugeage. La fig. 1217 *ter* en est une coupe faite suivant la ligne GG' du plan.

L'eau élevée par les pompes arrive en A, où elle tombe sous forme de nappe dans un réservoir rectangulaire. Deux cloisons B, C, enveloppent la partie N de ce réservoir, sans descendre jusqu'au fond, afin d'empêcher que les mouvements occasionnés sur la surface par l'eau qui arrive en A, ne se transmettent dans la partie restante L; l'eau se rend de N en L, en passant sous ces deux cloisons, et sa surface libre, dans toute l'étendue de cette dernière partie L de l'appareil, est ainsi rendue parfaitement tranquille. La cloison D, qui sert de limite au réservoir et qui s'étend dans trois directions différentes, porte dans toute sa longueur un grand nombre d'orifices H; l'eau sort du réservoir par ces divers orifices, et tombe dans une rigole qui existe en dehors de la cloison D et dans toute sa longueur; de là elle tombe en F dans un canal couvert qui la conduit à l'autre extrémité de l'aqueduc. Une cloison EE divise le réservoir LN en deux parties entièrement distinctes; celle de droite reçoit les eaux qui viennent des pompes mues par les roues hydrauliques, celle de gauche reçoit les eaux fournies par les pompes de la machine à vapeur.

Par cette disposition, les eaux qui viennent de ces deux systèmes de pompes ne se réunissent qu'après avoir traversé les orifices de la cloison D, c'est-à-dire après avoir été jaugées ainsi que nous allons l'expliquer.

Si l'on suppose que l'eau sorte du réservoir LN en passant toujours par le même nombre de trous de la cloison D, on conçoit que le niveau qu'elle prendra

1217 *bis.*





1217 *ter.*

dans le réservoir sera plus ou moins élevé au-dessus de ces trous, suivant que les pompes fourniront plus ou moins d'eau dans un même temps. En effet, ce niveau s'établit de manière à donner au liquide une vitesse d'écoulement, par les orifices, qui soit telle que la quantité d'eau qui les traverse, dans un temps donné, soit précisément égale à celle que les pompes amènent dans le même temps. Si, au contraire, on ferme un certain nombre des orifices de la cloison D à l'aide de bouchons de liége, on fera monter le niveau de l'eau dans le réservoir LN, pour une même quantité d'eau fournie par les pompes; car, à mesure qu'on diminuera le nombre des orifices d'écoulement, la vitesse avec laquelle l'eau traversera chacun d'eux devra s'accroître pour qu'il en sorte toujours la même quantité. On peut donc faire varier à volonté la position du niveau de l'eau dans le réservoir LN, en fermant un nombre plus ou moins grand des orifices, et on en profite pour faire en sorte que ce niveau coïncide avec un repère fixé à la cloison D, en A. Lorsque cette coïncidence du niveau de l'eau avec le repère est établie d'une manière permanente depuis quelque temps, il suffit de compter les trous qui restent ouverts pour avoir immédiatement le nombre de pouces d'eau que fournissent les pompes.

Dans la cuvette de jauge de l'aqueduc de Marly, la partie du réservoir qui sert à jauger les eaux amenées par les roues hydrauliques est munie de soixante orifices; la partie qui correspond aux eaux fournies par la machine à vapeur en contient quatre-vingt-dix. Si l'on trouvait, par exemple, que les pompes mues par les roues hydrauliques élèvent 60 pouces d'eau sur l'aqueduc, ce qui doit avoir lieu lorsqu'elles fonctionnent bien, cela voudrait dire qu'elles y élèvent soixante fois 20 mètres cubes, ou 1,200 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures.

La distribution des eaux entre les divers quartiers d'une ville, et même entre les divers particuliers qui ont des concessions d'eau, se fait à l'aide de cuvettes

entièrement analogues aux cuvettes de jauge. Toute la masse d'eau à distribuer se rend dans un réservoir, d'où elle sort par des orifices pratiqués sur tout son contour, et on dispose les tuyaux ou conduits entre lesquels doit se fractionner cette masse d'eau, de manière que chacun d'eux reçoive l'eau qui s'écoule par un nombre déterminé d'orifices.

Compteurs. Les systèmes qui précèdent sont insuffisants dans beaucoup de cas, pour lesquels, comme nous l'avons dit en commençant, il faudrait un appareil analogue au compteur à gaz, pouvant tenir compte de toutes les circonstances diverses qui peuvent survenir.

Ainsi, si une consommation soumise à des intermittences, à des variations considérables, a lieu par un tuyau embranché sur une conduite principale, en partant d'un réservoir à niveau très variable, il importerait de construire un appareil qui pût donner dans tous les cas la quantité d'eau consommée en vingt-quatre heures. Tel est le problème qu'il importe de résoudre, et dont nous ne connaissons pas de solution employée dans la pratique.

Nous distinguerons deux cas : celui où l'écoulement a lieu par un tuyau toujours plein d'eau et celui où il n'en est pas ainsi.

Dans le premier cas on peut déterminer la vitesse de l'eau en suspendant au milieu du tuyau une petite hélice très légère, dont la vitesse mesure celle de l'eau ; le nombre de mètres cubes débités par le tuyau sera proportionnel au nombre de tours de l'hélice. Si donc on enregistre le nombre de tours de l'hélice par un compteur simple, obtenu à l'aide de roues dentées et de vis sans fin, l'axe de la première roue étant monté sur l'axe de l'hélice, on pourra lire sur un cadran le nombre de mètres cubes qui aura traversé le tuyau.

Ce système a été proposé par M. Lapointe, et on peut le voir au Conservatoire, où est déposé l'appareil qu'il avait construit. Il avait proposé ce système pour jauger un cours d'eau préalablement barré. Les résultats lui avaient paru assez réguliers pour être applicables, même pour des différences assez sensibles de niveau.

Dans le second cas, quand le tuyau n'est pas toujours plein, on peut combiner un appareil un peu plus compliqué, qui permettrait l'évaluation du volume d'eau écoulée en un certain temps.

En effet, si on dispose sur la tige d'un flotteur porté à la surface de l'eau un petit pignon libre comme dans le système du dynamomètre totalisateur (voyez DYNAMOMÈTRE), et que d'un autre côté on dispose un système à hélice analogue au précédent et faisant tourner un cylindre denté partiellement, il est clair qu'un deuxième cylindre denté mû par le pignon enregistrera un nombre de dents proportionnel à la fois à la position du flotteur et à la vitesse de l'eau ; au produit du chemin que l'eau a parcouru, par la section de celle-ci, et par suite proportionnel au volume d'eau écoulé, si les sections du cylindre denté sont proportionnelles à la surface de la section de l'eau que renferme le tuyau.

Jets d'eau.

Les orifices en mince paroi sont ceux qui portent les jets à la plus grande hauteur, et leur donnent la forme la plus unie : en les examinant sortir, on croit souvent voir un barreau du cristal le plus diaphane : aussi emploie-t-on de préférence ces orifices lorsqu'on n'a en vue que l'élévation et la beauté du jet. Les ajutages coniques donnent aussi des jets unis et transparents, mais dont la hauteur n'est plus que 0,8 à 0,9 de celle des précédents. Enfin, les ajutages cylindriques donnent des jets troubles dès la sortie, et qui n'ont que les 2/3 de la hauteur qu'on aurait eue, sous la même charge, par un orifice en mince paroi.

Soit h la charge effective, h' la hauteur du jet avec un orifice en mince paroi, cette dernière sera donnée par la formule $h' = h - 0{,}01\ h^2$.

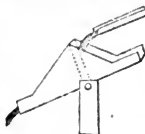
III. DE L'EAU EMPLOYÉE COMME MOTEUR.

Les machines mues par l'eau sont dites *machines hydrauliques ;* on peut les diviser en deux classes : les unes, telles que la *machine de Schemnitz*, la *balance d'eau*, le *bélier hydraulique* et la *machine à colonne d'eau*, qui sont douées d'un *mouvement alternatif*, et les autres, telles que les *roues hydrauliques*, en y comprenant les *turbines* et les *roues à réaction*, qui possèdent un *mouvement de rotation continu*.

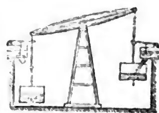
MACHINES HYDRAULIQUES A MOUVEMENT ALTERNATIF.

MACHINE DE SCHEMNITZ. Voyez FONTAINE DE HÉRON.

BALANCIER HYDRAULIQUE. Cette machine, dans laquelle l'eau agit par son poids, offre les inconvénients des machines à mouvement alternatif où l'eau possède encore sa vitesse lors du changement de sens du mouvement. La plus simple (fig. 1218) consiste en un déversoir mobile en son milieu autour d'un axe et divisé en deux par une cloison : l'eau tombe successivement dans chaque compartiment jusqu'à ce que son poids l'entraîne et le fasse basculer.

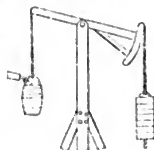


1218.



1219.

Un système plus complet, mais toujours défectueux, est représenté fig. 1219 : lorsqu'une des caisses renferme une quantité d'eau suffisante, elle descend en vertu de l'excès de son poids, et la soupape s'ouvrant de bas en haut, placée a son fond, venant à buter contre un obstacle, s'ouvre et donne écoulement au liquide qu'elle renferme ; pendant ce temps, la caisse placée à l'autre extrémité du balancier est remontée ; un arrêt placé sur la bielle qui la porte soulève la vanne du fond du réservoir d'alimentation correspondant, de sorte que cette caisse se remplit à mesure que l'autre se vide.

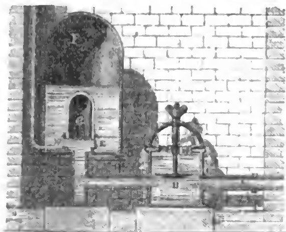


1220.

Le seul emploi sérieux de systèmes semblables, vraiment précieux à cause de sa simplicité, est la BALANCE D'EAU employée pour faire mouvoir des pompes dans quelques mines ; il n'y a qu'une seule caisse, que remonte un contre-poids placé à la partie supérieure de la tige des pompes.

BÉLIER HYDRAULIQUE. Cette ingénieuse machine, qui fut inventée à la fin du siècle dernier par le célèbre Mongolfier, se compose (fig 1221), indépendamment du réservoir alimentaire, d'un tuyau ou *corps de bélier*, qui porte l'eau à la partie opérante de la machine ; cette partie, ou *tête du bélier*, consiste en un court tuyau, droit ou coudé, muni à sa partie supérieure, ainsi qu'à son extrémité, de deux soupapes ordinaires ou à boulet, dites, la première *soupape d'arrêt*, la seconde *soupape*

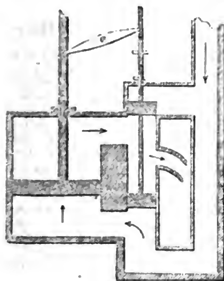
d'ascension; cette extrémité entre dans une cloche remplie d'air à sa partie supérieure, et dont la partie inférieure, occupée par l'eau, reçoit le *tuyau d'ascension*. La soupape d'ascension étant fermée, l'eau arrivera du réservoir avec une vitesse croissante, sortira d'abord par la soupape d'arrêt, la fermera bientôt, puis heur-



1221.

tant, avec la force vive qu'elle aura acquise, contre la soupape d'ascension, elle l'ouvrira, pénétrera dans le réservoir d'air, y comprimera l'air, et fera monter l'eau dans le tuyau d'ascension; bientôt le ressort de l'air comprimé et le poids de l'eau du tuyau d'ascension auront absorbé en partie la force vive acquise par l'eau, et lui imprimeront un mouvement en sens inverse; la soupape d'ascension se fermera, puis, par suite du mouvement rétrograde de l'eau, il se formera un vide sous la soupape d'arrêt qui s'ouvrira, et ainsi de suite.

MACHINE A COLONNE D'EAU. Ce genre de machine (fig. 1222) consiste en un cylindre ou gros corps de



1222.

pompe, dans lequel se meut un piston poussé par le poids d'une haute colonne d'eau contenue dans un tuyau montant. On adapte à la tige du piston de ces machines, surtout employées pour les épuisements, un balancier, qui met ordinairement des pompes en mouvement; rarement on transforme le mouvement de va et vient en un mouvement de rotation au moyen d'un mécanisme convenable. Les machines à colonne d'eau sont à simple ou à double effet; les premières sont les plus fréquemment employées. La machine règle elle-même la distribution au moyen de tiroirs ou de robinets qui sont mis en mouvement par la tige du gros piston de la machine. Nous entrons dans les détails circonstanciés qu'exige cette intéressante machine à l'article MINES.

MACHINES HYDRAULIQUES A MOUVEMENT CONTINU.

Ces machines se divisent en deux grandes classes : les roues verticales à axe horizontal, et les roues horizontales à axe vertical; nous allons les passer en revue.

Examinons d'abord les conditions générales auxquelles on doit satisfaire dans l'établissement de ces roues, de telle manière que l'eau de la chute leur transmette la totalité de travail moteur, ou au moins approche autant que possible de cette limite supérieure.

Pour cela, il faut satisfaire à deux conditions essentielles. La première, c'est que l'eau agisse sans choc, c'est-à-dire que depuis le moment où celle-ci est sur le point d'entrer dans la machine, et jusqu'au moment où elle l'a abandonnée complétement, il ne doit pas y avoir de changements brusques, soit dans la direction, soit dans la grandeur de la vitesse des molécules liquides. La seconde, c'est que l'eau doit sortir de la machine avec une vitesse nulle, ou au moins très petite, car si elle conservait une vitesse notable, elle serait capable de produire une certaine quantité de travail en raison de cette vitesse, et par conséquent elle n'aurait pas transmis à la machine motrice la totalité du travail moteur.

Roues verticales.

Ces roues comprennent les roues à augets, les roues à palettes planes, se mouvant dans un coursier ou dans un fluide indéfini, et les roues à aubes courbes.

Roues à augets. Ces roues sont les plus économiques et celles qui rendent le plus d'effet utile. Aussi sont-elles fréquemment employées, et doivent-elles généralement l'être, de préférence à toute autre roue, pour des chutes comprises entre 3 et 12 mètres. On les divise en deux classes, suivant qu'elles reçoivent l'eau au sommet ou au-dessous.

Roues recevant l'eau au sommet. Ces roues dites *roues en dessus* sont en fonte ou le plus souvent en bois. Elles consistent (fig. 1223) en un *arbre tournant* relié par des *bras* à une *couronne* munie d'un fond et de cloisons brisées qui forment les *augets*. Les joues latérales de la couronne sont en bois ou en fonte, le fond est souvent en tôle ainsi que les augets. La profondeur des augets est généralement de 0m,30 et leur distance, mesurée sur la circonférence de la roue, de 0m,32, quel que soit le diamètre de la roue; du reste, le nombre des augets à employer, par rapport au diamètre des roues, est donné par le tableau suivant :

1223.

Diamètre en mètres.	Nombre des augets.
3.	24
4.	36
5.	44
6.	56
8.	76
10.	96
12.	108

Pour tracer les augets, on marque sur les joues les rayons correspondants aux augets dont l'écartement est donné par le tableau précédent, et on trace la cir-

conférence moyenne située à égale distance des deux cercles qui limitent la couronne : les parties des rayons qui seront comprises entre cette circonférence moyenne et la circonférence intérieure de la couronne forment les *fonds des augets ;* on achève le profil de ces derniers en joignant les extrémités des rayons, qui se trouvent à la circonférence moyenne, avec chacun des points de division de la circonférence extérieure qui correspondent aux rayons précédents. Lorsque les augets doivent être en tôle, on leur donne la forme d'un arc de cercle normal à la circonférence intérieure et tangent à la circonférence extérieure.

Dans les roues en dessus on doit distinguer deux cas : celui où le niveau est à peu près constant, et celui où il présente d'assez grandes variations.

Dans le premier cas, à 1 ou 2 décimètres en contre-bas du niveau, on établit le coursier, auquel on donne une largeur à peu près égale à celle de la roue. A son origine il est évasé de manière à éviter la contraction ; et, à l'extrémité de l'évasement, on établit une vanne qui sert à régler l'écoulement de l'eau. Au delà le coursier se dirige en ligne droite vers la roue, avec une pente de 1/10e environ : il passe à quelques centimètres seulement au-dessus de son sommet : il se continue encore sur une longueur telle que la lame qu'il mène tombe librement dans le deuxième ou troisième auget à partir du sommet, et en se rétrécissant graduellement, de manière à ce que sa largeur, à l'extrémité, soit d'un centimètre environ plus petite que celle des augets.

Si le niveau du réservoir est variable, on adapte au fond de ce dernier un coursier fermé par le haut, dont la face supérieure est inclinée, et qui se termine par une buse pyramidale, dont l'axe est dirigé de telle sorte que l'eau vienne frapper normalement le fond de l'auget qui se trouve en face, et qui est ordinairement le troisième à partir du sommet. La largeur de l'orifice de la buse doit être de $0^m,05$ environ plus faible que celle des augets et sa hauteur au plus de $0^m,10$.

Afin que l'eau contenue dans les augets ne se verse pas trop tôt, on donne à ceux-ci des dimensions telles, qu'en passant sous la lame d'eau ils ne se remplissent qu'au tiers : soit alors Q le volume d'eau sortant du coursier par seconde; M, le nombre d'augets de la roue; N, le nombre de tours qu'elle fait par minute; S, la section transversale des augets, et l la largeur entre les deux joues, on aura :

$$l = 180 \frac{Q}{MNS}.$$

Si on donne aux augets la profondeur et l'équidistance que nous avons indiquée, la valeur de l deviendra :

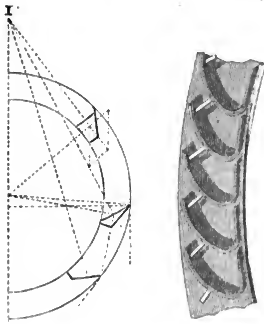
$$l = 270 \frac{Q}{ND},$$

D, étant le diamètre de la roue.

N, est ordinairement déterminé par la condition que la vitesse à la circonférence soit de 1^m à $2^m,50$ par seconde.

Dans les roues à augets qui mettent en mouvement les marteaux des grosses forges, les chocs ne permettant guère d'employer des engrenages, on est obligé de faire faire à ces roues trente à quarante tours par minute, et de leur imprimer des vitesses à la circonférence de 4 à 5^m, ce qui exige des charges d'eau de 1^m à $1^m,20$ au moins. En outre, comme le jeu des marteaux est intermittent, on emmagasine l'eau, pendant l'intermittence, dans un réservoir établi un peu en amont, qui livre alors, dans le temps du travail, une force double et même plus de celle du courant naturel; il en résulte que souvent son niveau s'abaisse de 1 à 2^m, du commencement à la fin de chaque période de travail. De là vient qu'en plusieurs endroits on voit des roues de 2^m de diamètre avec des chutes de 4^m.

Il n'est pas besoin d'entrer dans de grands détails pour montrer que ces roues à grande vitesse sont tout à fait défectueuses; aussi sont-elles abandonnées aujourd'hui dans les usines bien établies. En effet, l'eau contenue dans chaque auget est soumise à deux forces : la gravité et la force centrifuge. Si on détermine la résultante de ces deux forces, celle-ci rencontrera la verticale passant par le centre de la roue en son point I (fig. 1223 *bis*), et les arcs de cercle décrits de ce point indiqueront les surfaces de l'eau dans chaque auget. On voit donc que le versement de l'eau commencera très haut; que la capacité des augets se trouve en quelque sorte considérablement réduite par les conditions du travail, que l'effet utile sera par suite minime.



1223 *bis.* 1223 *ter.*

De l'air dans les augets. Le mouvement de l'eau dans les augets est souvent contrarié par l'air enveloppé par l'eau et qui s'oppose à l'entrée de celle-ci. Dans les roues en bois, on se contente le plus souvent de percer quelques trous vers la partie supérieure de la couronne. La fig. 1223 *ter* représente le mode de construction des augets en tôle pour les grandes roues hydrauliques, adopté par M. Fairbain de Manchester. On voit que l'air s'échappe par le fond quand l'eau entre dans l'auget, et ne peut plus s'opposer à son mouvement.

Roues recevant l'eau au-dessous du sommet. Les roues en dessus tournent en sens inverse du courant dans le canal de fuite, de sorte que si une cause accidentelle vient à y faire refouler les eaux, il en résultera une résistance notable. On évitera cet inconvénient en changeant le sens des augets et en versant l'eau motrice sur le derrière de la roue, de sorte que celle-ci se mouvant dans le même sens que le courant de fuite, peut y plonger de quelques centimètres sans qu'il en résulte une perte de force sensible. En outre, on peut donner à ces roues dites *roues par derrière*, qui reçoivent l'eau en dessous du sommet, mais au-dessus de leur axe, un diamètre supérieur à celui de la chute, ce qui est avantageux dans certains cas pour les chutes de $2^m,50$ à 8^m.

Dans ces roues, l'eau est ordinairement versée dans les augets, ou immédiatement par le coursier d'amenée, qui est alors ouvert à son extrémité, ou par une buse analogue à celle dont nous avons déjà parlé plus haut.

Lorsque ces roues peuvent être construites et entretenues avec beaucoup de soin, comme le sont les grandes

roues en fonte et tôle, on donne aussi l'eau en la laissant déverser tranquillement sur un seuil établi immédiatement au-dessus des augets. La pelle régulatrice au lieu de se lever comme dans les vannages ordinaires, se baisse, et d'autant plus qu'on veut fournir plus d'eau. Lorsqu'elle est baissée, son bord supérieur constitue le seuil du déversoir ; après l'avoir dépassée, l'eau tombe dans une sorte de râtelier ou système d'entonnoirs, qui la dirigent dans les augets, et, à cet effet, on dispose les grandes palettes de ceux-ci, de manière à ce qu'en arrivant vis-à-vis des cloisons du râtelier elles soient dans leur direction, laquelle est généralement verticale.

Le calcul des dimensions de ces roues se fait exactement comme celui des roues précédentes.

La force d'un courant moteur est égale au produit, par la hauteur de chute, de la dépense par seconde, ou à QH, expression qu'on transformera en chevaux-vapeur, Q étant exprimé en mètres cubes et H en mètres, en la multipliant par 13 1/3. Ce sera la force motrice : soit E, l'effet utile, c'est-à-dire la partie de la force motrice réellement employée par la machine, on aura $E = mQH$, m étant un coefficient inférieur à l'unité et variable avec chaque genre de machine.

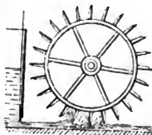
De cette équation on tirera

$$Q = \frac{E}{mH}$$

qui donnera la dépense d'eau, et par suite la largeur à donner à une roue hydraulique qui doit produire un effet donné : le diamètre et les autres dimensions de la roue étant déterminés par sa nature et la disposition des lieux :

Pour les roues en dessus *ordinaires*.	$m = 0,75$
Pour les roues en dessus à grandes vitesses, telles que les roues de marteaux de forges.	$m = 0,35$ à $0,55$
Pour les roues de derrière. . .	$m = 0,70$

Roues à aubes planes contenues dans un coursier rectiligne. Ces roues encore très usitées à cause de leur simplicité, consistent (figure 1224) en un arbre tournant, assemblé par des bras ou rayons à deux, ou même trois jantes ou cercles, suivant la largeur de la roue ; sur ces jantes sont implantées de fortes chevilles en bois sur lesquelles on cloue ou on boulonne les aubes ; enfin on ferme souvent une partie de l'intervalle d'une aube à l'autre par des contre-aubes ou planches fixées à plat contre les jantes.



1224.

L'eau motrice est menée à la roue par un coursier, dont les parois touchent presque les aubes, ne laissant que le jeu nécessaire au mouvement ; elle est fournie au coursier par un vannage, dont la pelle se lève à une plus ou moins grande hauteur selon que l'on veut en donner plus ou moins.

Tandis que dans les roues à augets l'eau agit seulement par son poids, ici elle agit seulement par son choc, et, par conséquent, il y a une vitesse de la roue par rapport à celle due à la charge d'eau, qui donne un effet utile maximum ; on admet que l'effet utile $E = 0,25\,QH$, pour ce maximum, qui a lieu lorsque la vitesse du centre des aubes est les 0,45 de celle de l'eau qui vient les choquer.

Au lieu d'avoir un vannage à angle droit, comme l'indique la figure, il vaut mieux l'incliner autant que possible, afin de diminuer les effets dus à la contraction.

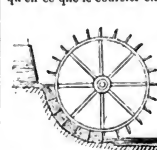
Immédiatement après la vanne, le coursier se dirige, avec une légère inclinaison, vers la roue, il passe dessous, et il se continue en ligne droite. Sa largeur se détermine par le volume d'eau qu'il doit conduire : l'épaisseur de la lame fluide doit être comprise entre 0m,15 et 0m,25. Afin de diminuer la perte d'eau qui a lieu entre les parois du coursier et le bord des aubes, on ne donne à cet intervalle que 0m,01 à 0m,02.

Maintenant, on ne fait plus guère de coursiers rectilignes. Leur fond ou *radier* arrive au niveau du bord inférieur de la deuxième aube en amont du diamètre vertical ; là, il se courbe concentriquement à la roue jusqu'à l'aplomb de ce diamètre ; puis il baisse subitement de 0m,10 au moins, et se poursuit ensuite avec une pente convenable. Sa largeur, immédiatement avant d'arriver aux aubes, est un peu plus faible que la leur ; elle augmente ensuite et vient embrasser les aubes au-delà du diamètre vertical. Par ces dispositions, il n'y a pas de perte d'eau latéralement en amont des aubes et on facilite son dégagement à l'aval.

La hauteur des aubes doit être environ le triple de l'épaisseur de la lame d'eau dans le coursier, sans toutefois dépasser 0m,65 ; si cela ne peut avoir lieu, on emploie des contre-aubes. La distance d'une aube à l'autre, mesurée sur la circonférence extérieure de la roue, est un peu moindre que leur hauteur : leur nombre dépend donc du diamètre de la roue, qui, lui-même est déterminé le plus ordinairement, de telle sorte que la transmission du mouvement à la partie de la machine qui opère le travail utile et qui doit en conséquence avoir une certaine vitesse, s'effectue avec le moins d'engrenages et d'intermédiaires possibles, si toutefois on ne peut se dispenser d'en employer. Lorsque l'on désire seulement avoir le maximum d'effet utile, il faut que les aubes aient une vitesse qui soit les 0,45 de celle de l'eau dans le coursier, ce qui donne pour le diamètre de la roue $\frac{32}{N}\sqrt{H}$; H, étant la charge d'eau sur le centre de l'aube verticale, et N, le nombre de tours que la roue fait par minute.

Des roues de cette espèce en bon état donnent un effet utile de 0,25.

Roues emboîtées dans un coursier circulaire ou *roues de côté.* Ces roues (fig. 1225) ne diffèrent des précédentes qu'en ce que le coursier circulaire embrasse la roue sur la presque totalité de la chute. Il y a presque toujours des contre-aubes. On dispose le vannage de manière à ce que l'eau arrive aussi normalement que possible sur les palettes qu'elle choque. Lorsqu'on le peut, il est préférable d'y faire tomber l'eau en la faisant simplement déverser par-dessus un seuil établi au sommet du coursier. L'eau agit par son poids et son choc à la fois.



1225.

L'effet utile de ces roues est de 0,40 à 0,50, quand elles reçoivent l'eau par un vannage, et 0,50 à 0,60 environ, quand elles la reçoivent en déversoir.

Roue à aubes emboîtée dans un coursier annulaire, de M. Mary. Cette roue, que M. Mary vient de faire établir aux bassins de Chaillot, est montée sur un axe horizontal ; elle est formée d'aubes ou palettes elliptiques adaptées à la circonférence d'un cylindre de 0m,12 d'épaisseur et de 2m,28 de rayon, accompagné de deux disques annulaires ou plans de 0m,30 de largeur, perpendiculaires à l'axe et fixés au moyen par six bras renforcés de nervures et masqués par des feuilles de tôle. On sépare les eaux d'amont de celles d'aval, au moyen de deux plaques de fonte en partie noyées dans

la maçonnerie, et qui forment, dans la partie inférieure, les lèvres d'un coursier annulaire en ciment romain, calibré avec les palettes elles-mêmes, qui s'y emboîtent ainsi très exactement. Ce coursier se prolonge au-delà du plan vertical mené par l'axe de la roue d'une longueur à peu près égale à la moitié de l'intervalle entre deux aubes; du côté d'amont, il s'évase en entonnoir pour faciliter l'entrée de l'eau qui en couvre ainsi l'orifice et y pénètre, comme elle le ferait dans une conduite placée au fond d'un réservoir. Il résulte de cette disposition que l'eau de la retenue agit sur les palettes par son poids comme elle agirait sur le piston d'un cylindre. Avec des vitesses à la circonférence de 1^{m} à $1^{m},30$, cette roue a donné un effet utile de 0,75 à 0.80.

Pour diminuer la résistance de l'eau sur les aubes, elles sont taillées en forme de proue par dessous, et en forme de proue par dessus.

Les difficultés et les frais qu'entraîne l'établissement des roues de ce genre, en restreindront considérablement l'emploi, quoiqu'elles donnent des résultats très satisfaisants.

Les diverses roues à aubes planes dont nous venons de nous occuper ne sont guère employées que pour des chutes de $2^{m},50$ et au-dessous.

Roues à aubes courbes. Ces roues, dues à M. Poncelet, sont accompagnées d'un vannage incliné à un de base sur un ou deux de hauteur, et emboîtées dans leur partie inférieure par une portion très courte de coursier circulaire et par les bajoyers du canal de fuite. L'eau arrivant à leur partie inférieure monte sans choc le long des aubes, en vertu de la différence entre leur vitesse propre et celle due à la charge d'eau, jusqu'à ce que son mouvement soit détruit par l'action continue de la pesanteur, qui la fait ensuite redescendre et se dégorger dans le canal de fuite (figure 1226). L'effet utile maximum correspond évidemment au cas où elle quittera les aubes avec une vitesse relative égale à la leur, c'est-à dire avec une vitesse absolue nulle; cela a lieu pour une vitesse des aubes égale à la moitié de celle due à la charge d'eau: l'effet utile est alors de 0,50 à 0,60.

1226.

Avec ces données, l'établissement de ces roues n'offrira aucune difficulté en remarquant que le nombre des aubes sera double de celui que nous avons indiqué pour les roues à aubes planes, et que leur hauteur, mesurée sur un rayon, devra toujours être au-dessus du quart de la chute effective : on lui en donnera le tiers dans les chutes de $1^{m},40$, et la moitié, dans celles qui sont au-dessous.

Roues se mouvant dans un fluide indéfini. Ces roues dites *roues pendantes*, sont surtout employées dans les *moulins à nef*, ou moulins sur bateaux, que l'on amarre au milieu des rivières. Le diamètre de ces roues est de 4 à 5^{m}; on donne aux aubes le quart ou cinquième du rayon de la roue, et une largeur de 2 à 5^{m} ; elles sont le plus souvent planes et dirigées suivant les rayons ; en les inclinant un peu, on augmente leur effet. Dans des roues pendantes, bien établies, l'effet utile est de 0,30 à 0,32 (voyez BATEAU A VAPEUR) et même plus.

Roues horizontales.

Depuis longtemps on emploie dans le midi de la France des roues horizontales dans les moulins. Ces roues ont l'avantage de réduire ceux-ci à leur plus simple expression : le même arbre qui porte la roue à sa partie inférieure, porte la meule mobile à sa partie supérieure. Cet arbre tourne sur pivot dans une crapaudine enchâssée au milieu d'un *palier* que l'on élève ou baisse à volonté suivant que l'on veut augmenter ou diminuer l'intervalle entre la meule tournante et la meule gisante. Ces roues ont été depuis perfectionnées par MM. Burdin, Fourneyron, etc., et ont donné les turbines.

Roues mues par le choc d'une veine isolée. Ces roues sont très communes dans les pays de montagnes où elles portent le nom de *roues à trompe* ou *à cannelle*, parce que l'eau est lancée sur les aubes, soit par une *trompe* ou buse pyramidale peu inclinée, soit par une *cannelle* ou auge inclinée de 20 à 45°. Elles ont de faibles dimensions, de $1^{m},60$ environ de diamètre et $0^{m},20$ de hauteur ; les aubes ou *cuillères* n'ont que $0^{m},40$ de longueur dans le sens du rayon, et sont concaves et à surface gauche du côté où elles reçoivent l'eau, qui n'agit guère sur elles que par le choc, dû à une vitesse acquise de 7 à 8^{m} et même plus : avec une vitesse de 110 tours par minute, l'effet utile de ces roues est de 0,30 à 0,31.

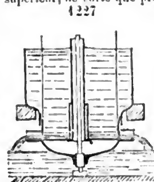
Roues placées dans une cuve. Les roues à cannelle sont principalement employées pour de petits cours d'eau et de grandes chutes; mais, sur les rivières où l'on a beaucoup d'eau et peu de chute, on emploie des roues à cuve. Celles-ci n'ont d'ordinaire que 1^{m} de diamètre et $0^{m},20$ de hauteur, elles portent neuf aubes en bois ayant à peu près la même forme que celles des roues à trompe. La cuve a généralement $1^{m},02$ de diamètre et 2^{m} de profondeur ; la roue y est placée presqu'au fond. On ménage dans la maçonnerie, au-dessus du niveau de la roue, une entaille dont l'une des parois est tangente à la paroi intérieure de la cuve, et qui n'a plus que $0^{m},22$ de large lorsqu'elle y débouche : cette entaille sert de coursier d'amenée.

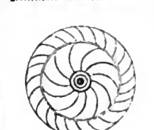
L'eau motrice, après avoir passé sous la vanne qui est à l'entrée du coursier, se porte, avec rapidité, sur la partie adjacente de la paroi cylindrique de la cuve ; elle s'y applique, s'y élève d'abord fortement ; puis, en en suivant le pourtour et en tournoyant ainsi, elle descend et atteint les aubes sur lesquelles elle agit par son impulsion et par son poids, et qu'elle entraîne dans son tournoiement.

Dans ces roues une grande partie de l'eau passe, en vertu de la force centrifuge, entre la cuve et la roue, dans l'intervalle que nécessite le jeu de la machine, aussi ne rendent-elles que 0,10 à 0,16 d'effet utile.

Actuellement on place la roue immédiatement au-dessous de la cuve, en lui donnant un diamètre un peu supérieur, de sorte que presque toute l'eau motrice arrive sur les aubes. Quoiqu'elle y agisse après avoir perdu une partie de sa vitesse, cette disposition double presque l'effet utile, qui atteint 0,20 et 0,25.

1227





1228.

Turbine Fourneyron. Dans la turbine dont il s'agit (fig. 1227 et 1228), l'auteur, au lieu de mettre, comme aux moulins à cuve, la roue dans un cylindre, l'a placée en dehors. Pareille à un anneau, elle en entoure la partie inférieure, en laissant un faible jeu pour le mouvement : cette partie est munie de cloisons directrices fixes qui dirigent l'eau sur les aubes courbes de la roue, dont l'axe traverse le cylindre

alimentaire dans un fourreau placé à son centre. Les aubes mobiles de la turbine paraissent se présenter presque perpendiculairement à la direction du mouvement de l'eau; il semble qu'il devrait y avoir choc. Cependant il n'en est rien, à cause de la rapidité avec laquelle ces aubes fuient devant les filets fluides. La vitesse régulière de la turbine doit être telle que l'entrée de l'eau ait lieu sans choc. Celle-ci se meut ensuite le long des aubes courbes, de l'intérieur à l'extérieur, et exerce une pression en chaque point, son mouvement changeant de direction. Enfin elle sort de la turbine avec une vitesse relative, dirigée en sens contraire du mouvement des aubes, et si la turbine a un mouvement absolu tel que la vitesse absolue à la circonférence soit égale à cette vitesse relative, l'eau sortira sans mouvement, et tout le travail qu'elle pouvait produire aura été utilisé. On comprend, d'après cela, comment dans la pratique l'effet utile de ces turbines est de 0,60 et même quelquefois plus.

Ces turbines constituent d'excellentes machines; non-seulement en ce qu'elles donnent un effet utile considérable, et parce que leur disposition les rend très propres à certaines usines, notamment aux moulins; mais surtout à cause de leur propriété de fonctionner sous l'eau. On comprend de quelle importance est cette propriété dans un pays froid où les gelées et les crues d'eau viennent souvent arrêter les roues hydrauliques. Ces turbines, dans lesquelles l'eau agit par sa force centrifuge, sont extrêmement légères; l'eau ne pèse pas sur l'axe, et ne fait pas naître par suite des frottements considérables. Aussi peut-on les faire marcher à des vitesses très considérables, comme cela doit être pour les grandes chutes. Ainsi M. Fourneyron a établi à Saint-Blaise, dans la Forêt-Noire, une turbine qui est mise en mouvement par une chute de 108 mètres de hauteur. Cette turbine, dont le diamètre n'est que de $0^m,55$, fait 2300 tours par minute, et a une force de 40 chevaux-vapeur : elle utilise les 0,75 de la force de la chute.

On calcule le diamètre du cylindre par la formule

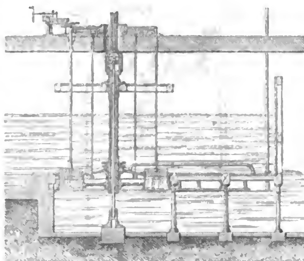
$$D = \sqrt{\frac{5,5Q}{V}}$$

Q étant le volume d'eau à dépenser par seconde et V la vitesse due à la charge d'eau, le diamètre intérieur de la roue est d'environ $0^m,04$ plus grand, et le diamètre extérieur les 4/3 du précédent; la hauteur de la roue se calcule d'après cela de telle sorte qu'elle puisse débiter la quantité d'eau qu'elle reçoit. Lorsque cette quantité d'eau diminue, M. Fourneyron diminue l'ouverture des cloisons directrices par un vannage vertical; mais, comme l'a fait remarquer M. Combes dans un travail remarquable sur les roues à réaction, présenté à l'Institut, ce vannage est peu convenable, parce qu'il devrait en même temps diminuer la hauteur des aubes de la roue.

Les seuls inconvénients que l'expérience ait fait reconnaître à ces turbines consistent dans l'immersion du pivot inférieur, qu'on ne peut visiter, et en ce que, comme nous venons de le dire, quand on donne trop peu d'eau, les remous qui résultent de ce que l'intervalle compris entre les aubes n'est pas rempli d'eau à la même vitesse, diminuent l'effet utile.

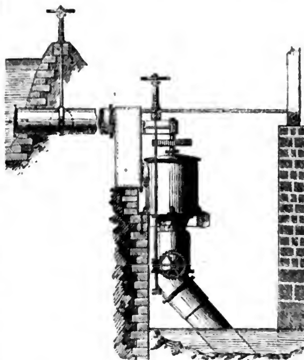
La fig. 1228 *bis* montre la disposition adoptée par M. Fontaine pour placer le pivot hors de l'eau, sur l'extrémité d'une tige cylindrique fixe; l'eau au lieu d'entrer par le centre, entre par une ouverture annulaire dans laquelle se trouve des directrices qui font l'effet de vannes multipliées qui inclinent les filets liquides et assurent un rendement avantageux, malgré les variations de la quantité d'eau débitée par seconde.

Hydropneumatisation. La fig. 1228 *bis* représente une turbine construite par MM. Callon et Girard, pour diminuer par de l'air la résistance que l'eau oppose au mouvement, et à laquelle ils appliquent une idée fort ingénieuse due à ce dernier, idée analogue au système proposé par M. Laboulaye à l'article BATEAU A VAPEUR.



1228 *bis*.

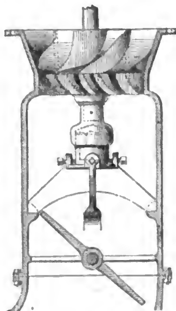
A l'aide d'un tuyau qui débouche d'une part à l'air libre et de l'autre à la partie inférieure d'une caisse qui enveloppe librement l'ensemble de la turbine, et d'une petite pompe ou d'un soufflet, on chasse de l'air dans cette partie. L'air restant ainsi au-dessus de l'eau, ne pouvant s'échapper, les frottements de la couronne contre l'eau disparaissent; la roue est pour ainsi dire *dénoyée* et la résistance passive résultant du frottement de l'eau, notable à de grandes vitesses, supprimée. Par le même système, M. Giraud construit des barrages très légers qui s'élèvent et s'abaissent selon qu'on insuffle de l'air où qu'on le laisse échapper. Le barrage s'élève ou s'abaisse en raison de ses variations de densité par rapport à l'eau, ainsi obtenues.



1228 *ter*.

Turbine Jonval. Les fig. 1228 *ter* et 1228 *quater* représentent la turbine Kœchlin ou plutôt Jonval. On voit que l'appareil moteur se compose de palettes cour-

bes verticales, figuré en détail fig. 1228 *quater*, et est placé entre le bief d'amont et celui d'aval. Suivant l'inventeur, elle peut être placée en un point quelconque



1228 *quater*.

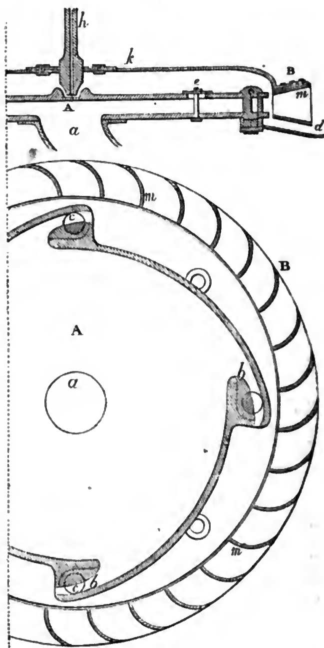
de la chute, et pourvu que l'eau quittant l'hélice ne soit mise en communication avec l'atmosphère qu'après être arrivée au bief inférieur, elle produira par la vitesse d'écoulement due à la hauteur de chute une aspiration en raison de cette hauteur complémentaire de la pression résultant de la hauteur de la surface de l'eau dans le bief d'amont au-dessus de l'appareil moteur.

Quant à la facilité des réparations, on ne saurait imaginer une disposition plus commode, puisque rien n'est si facile que de la mettre à sec en fermant la valve supérieure. Ces turbines ont cependant eu assez peu d'applications; les conditions de leur établissement les rendent peu convenables pour de puissantes machines.

La *turbine Passot* est, non plus une turbine, mais une roue à réaction dans laquelle l'eau arrive par l'extérieur et s'écoule par le centre, disposition fautive, puisque la force centrifuge vient détruire une partie de la vitesse du courant, d'autant plus grande que la vitesse de rotation est plus considérable; aussi, une expertise très soignée faite dernièrement sur ces turbines, n'a donné pour maximum d'effet utile que 0,25, ce qui doit en faire rejeter l'emploi. Ces turbines ont du reste un vannage très convenable fondé sur le principe posé par M. Combes.

Turbine Thomas. Pour de très fortes chutes, les turbines ordinaires se réduisent à des dimensions tellement exiguës et tournent avec une vitesse si considérable, qu'il en résulte une perte de force notable par les engrenages qu'il faut employer. M. Thomas, ingénieur des mines hessois, a imaginé, dans ce cas, d'employer des turbines dans lesquelles l'eau arrive en dessous, et qui ne reçoivent l'eau que sur un ou plusieurs points de leur circonférence; ce qui permet d'augmenter considérablement leur diamètre et de leur faire prendre une faible vitesse. Ainsi la turbine représentée fig. 1229 et 1230, et établie à Veckerhagen par ce constructeur, a 1,20 de diamètre, et fait 160 tours par minute sous une chute de 20m; on ouvre 1, 2, 3 ou 4 des ajutages qui amènent l'eau sur les aubes, selon que l'effort à surmonter est plus ou moins considérable, et de cette manière l'effet utile ne change pas notablement pour des dépenses d'eau variables du simple au quadruple. Il diminue, au contraire, très rapidement, si on ouvre un ou plusieurs nouveaux ajutages sans augmenter la quantité d'eau alimentaire. Dans les figures 1229 et 1230, l'eau arrive par le canal *a*, dans le tambour fixe en fonte A, d'où elle sort par les ajutages *b*, garnis de robinets *c*, que l'on ma-

1229.



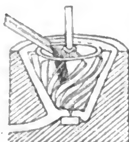
1230.

nœuvre au moyen des tiges *d*, et vient frapper les aubes *m*, de la roue B, qui est portée par quatre bras *k*, montés sur l'arbre *h*, tournant dans la crapaudine *f*, venue à la fonte avec la partie supérieure du tambour A. *e*, est une ouverture formée par une plaque qui sert à nettoyer l'intérieur du tambour. L'expérience a montré à M. Thomas qu'il était convenable d'évaser les aubes.

Roues à couloirs. M. Burdin a aussi, antérieurement aux turbines précitées, construit des roues horizontales à aubes courbes; il a aussi composé ses machines de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile; mais au lieu de les placer concentriquement l'une à l'autre, il a mis la seconde au-dessus de la première, en leur donnant à chacune la moitié de la chute totale (voyez *Annales des Mines*, 2e série, 1828, et 3e série, tome III, 1833).

Nous citerons encore la roue à couloirs sur noyau conique, dite *roue à poire* (fig. 1231). Cette roue est

une espèce de tambour ayant la figure d'un cône renversé et qui tourne dans une cuve de maçonnerie faite exprès. Les aubes sont appliquées obliquement sur la surface du tambour où elles forment des portions de spirale. Ces aubes ainsi disposées obligent la roue à tourner avec une extrême vitesse.



1231.

Il vaudrait mieux entourer les aubes de cette roue d'une enveloppe concentrique à la surface du noyau, on aurait alors une véritable *danaïde*.

Généralement les *danaïdes* consistent en une cuve à cloisons intérieures, ordinairement planes et verticales, contre lesquelles arrive l'eau sous une faible inclinaison et tangentiellement à la surface intérieure de la cuve. M. Manoury d'Ectot paraît en être l'inventeur; mais sa machine n'a jamais été exécutée en grand. Il n'en est pas de même de la danaïde de M. Burdin (voir *Annales des Mines* de 1836). Enfin, M. Combes, en reprenant cette question dans le mémoire déjà cité sur les roues à réaction, a établi les relations entre les dimensions qu'il convenait de leur donner pour obtenir le maximum d'effet utile

Roues à réaction. Quoique la plupart des turbines et autres roues soient de véritables roues à réaction, nous ne donnerons ce nom qu'aux machines entièrement mobiles, dans lesquelles l'eau qui y est contenue et qui en sort avec un certain effort dû à la hauteur de chute, réagit sur les parties de la machine opposées aux orifices de sortie, en y exerçant un effort égal ou précédent et de sens contraire, par suite duquel elle contraint ces parties au recul, et donne ainsi lieu au mouvement de rotation. Parmi ces machines, nous ne citerons que celle de Segner, modifiée d'abord par Euler, puis par M. Manoury d'Ectot, ainsi qu'on le voit (fig. 1232). Elle se compose de deux tubes ou plus, renflés dans le milieu, qui sont courbés en *n*, et qui sont assemblés et maintenus par des barres de fer. L'eau motrice leur est amenée par un gros tuyau vertical, qui se recourbe horizontalement en B, passe sous le volant, se relève verticalement, et vient aboutir au centre commun C. Il paraîtrait, d'après les essais faits à la pompe à feu de Chaillot, où M. Lefort a établi une roue de ce genre, qu'il suffit d'une simple garniture en étoupes pour tenir étanche la jonction de la partie immobile, le tuyau B, avec la partie mobile, le volant.



1232.

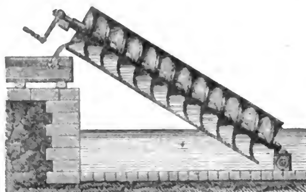
IV. MACHINES A ÉLEVER L'EAU.

Nous ne parlerons ici que des plus usitées.

POMPES. Voyez ce mot.

VIS D'ARCHIMÈDE. Si sur la surface d'un cylindre en bois on trace une hélice à plusieurs circonvolutions ou *spires*, et que, dans une rainure entaillée suivant cette courbe on implante de petites planches jointives de même hauteur, et si ensuite on revêt le tout d'une enveloppe cylindrique en douves, on aura une *vis d'Archimède*. L'enveloppe est dite *canon*, les planches formant le filet de vis sont les *marches*, et le cylindre plein, le *noyau*; l'espace compris entre le canon, les marches et le noyau, forme un canal hélicoïde.

Dans les vis ordinaires, on a sur le même noyau 3 filets équidistants et par conséquent 3 canaux. Le diamètre intérieur du canon varie de 0m,33 à 0m,66; celui du noyau en est le tiers; et la longueur de la vis est de 12 à 18 fois le diamètre, selon qu'il est plus ou moins fort. L'angle d'inclinaison de l'hélice sur l'axe est ordinairement de 55 à 60°.



1233.

La simplicité de la vis, le peu d'espace qu'elle occupe, la facilité avec laquelle on la transporte et on l'établit, celle avec laquelle on peut en installer plusieurs presque sur le même point, la font généralement employer à l'épuisement des eaux dans les endroits où l'on veut poser à sec les fondations de constructions hydrauliques, piles de ponts, radiers d'écluse, etc.

On emploie encore aux épuisements des vis dénuées de canon, consistant simplement en un noyau sur lequel sont les filets hélicoïdes. On les établit sur un canal demi-cylindrique en bois ou en maçonnerie et ayant une inclinaison convenable, en ne laissant que le moins de jeu possible. Ces machines appelées *vis hydrauliques* ou *vis hollandaises*, sont très usitées en Hollande, où elles sont souvent mues par des moulins à vent. Il est nécessaire de leur donner une assez grande vitesse pour diminuer les pertes d'eau entre les filets hélicoïdes et l'enveloppe fixe. Elles ont l'avantage d'être indépendantes, dans leur produit, de la hauteur de l'eau du réservoir comparativement à leur extrémité, et sans changer de place, elles épuisent un réservoir dont le niveau baisse graduellement.

NORIA. La noria est une machine très employée dans le midi de la France et qui produit environ 0,65 d'effet utile. Elle consiste en une chaîne double sans fin articulée, portant une série de seaux équidistants, et qui passe sur un tambour ou lanterne polygonale, établi au-dessus du réservoir d'où l'on veut tirer l'eau. L'extrémité inférieure de la chaîne, ainsi que les seaux qu'elle porte, plongent dans cette eau. Leur ouverture est tournée vers le haut, sur la branche ascendante, et vers le bas sur l'autre branche. La chaîne et les seaux sont mis en mouvement au moyen d'une manivelle ou d'un engrenage placé sur l'axe de la lanterne. Les seaux, en passant dans le puisard, s'y remplissent d'eau, puis, arrivés en haut, ils s'inclinent en passant sur le tambour et versent l'eau qu'ils contiennent dans une auge ou bassin inférieur destiné à la recevoir.

CHAPELET. Voyez ce mot.

ROUE A GODET. Cette roue consiste en deux couronnes circulaires, entre lesquelles on place et on suspend, à l'aide de traverses horizontales, des seaux ou godets qui puisent l'eau au bas de la roue et l'élèvent jusqu'au sommet de celle-ci, où ils basculent au moyen de mécanismes simples, et versent leur eau dans une auge ou bâche destinée à la recevoir. On met la roue à godets en mouvement au moyen d'une roue à aubes ordinairement montée sur le même arbre.

ROUE A TYMPAN. Le tympan de Vitruve consiste en deux plateaux circulaires réunis par une enveloppe cylindrique à laquelle ils servent de base. L'intérieur est divisé par des cloisons planes passant par l'axe en 8 compartiments au plus. La surface cylindrique est percée, près des cloisons, d'une ouverture pour chacun des compartiments. L'arbre de rotation est très gros et porte autant d'entailles ou cannelures qu'il y a de compartiments. Lorsque cette machine est convenablement établie sur l'eau à puiser, et qu'on la met en mouvement, chaque ouverture, en passant sous le niveau de l'eau, en puise une certaine quantité, qui entre dans le compartiment, et va sortir par l'entaille correspondante de l'essieu. (Voyez AGRICULTURE.)

Dans le tympan qui porte son nom, Lafaye imagina de courber les cloisons suivant des développées du cercle de l'axe et de supprimer l'enveloppe convexe.

Les tympans sont peu employés parce qu'ils occupent beaucoup de place et n'élèvent l'eau qu'à une faible hauteur.

AÉROMÉTRIE.

Cette partie de l'hydraulique, qui traite des fluides élastiques ou gaz et vapeurs, sera examinée en parlant des MACHINES SOUFFLANTES et dans les articles MOULINS A VENT et VAPEUR. P. DEBETTE.

ACIDE HYDRIODIQUE. Se prépare en décomposant l'iodure de phosphore par l'eau, ou l'hydrogène sulfuré par l'iode. N'est pas employé dans les arts.

ACIDE HYDRO-BROMIQUE. S'obtient par la décomposition du bromure de phosphore par l'eau. Sa préparation exige beaucoup de précautions. Il n'a du reste aucun emploi.

HYDROCARBURES LIQUIDES (FABRICATION DES). La fabrication des hydrocarbures liquides destinés à l'éclairage, et sur l'emploi desquels nous nous sommes étendus (voir l'article ÉCLAIRAGE) est toute récente, elle date à peine de quelques années. Aussi tous les jours les procédés et les méthodes dont elle fait usage s'améliorent, et c'est tout au plus si les fabricants eux-mêmes ont pu en bien apprécier la portée; de plus, loin de vouloir faire connaître au public les perfectionnements qu'ils ont apportés dans leur travail, quelques-uns prennent un soin extrême à les tenir aussi secrets que possible. Nous ne leur en faisons pas un crime, pas même un reproche, car avec la loi qui régit les brevets, le parti le plus avantageux peut-être pour un inventeur est de cacher son invention autant qu'il le peut. Ces circonstances réunies rendront notre tâche difficile et nous empêcheront de donner sur les prix de revient des chiffres réels et positifs.

Les propriétés des hydrocarbures liquides destinés à l'éclairage, car c'est d'eux seuls que nous voulons parler, sont à peu près les mêmes que les propriétés des huiles essentielles tirées des végétaux. C'est qu'à vrai dire, les huiles essentielles extraites des schistes bitumineux et de la houille, directement ou indirectement, ont aussi une origine végétale; seulement les conditions de nature, d'existence des végétaux qui ont pu leur donner naissance, étaient toutes différentes des conditions où vivent les végétaux d'aujourd'hui; nous n'allons donc pas énumérer ces propriétés.

Deux espèces de matières premières ont été employées jusqu'à présent pour fabriquer ou plutôt pour en extraire les hydrocarbures liquides. 1° La houille soit en nature, soit à l'état de goudron provenant des usines à gaz; 2° les schistes bitumineux. Nous ne parlons pas de la térébenthine, car l'essence qu'on en extrait et dont la fabrication est d'ailleurs connue depuis longtemps ne peut rivaliser ni avec les huiles de houille ni avec les huiles de schistes, sinon pour le prix actuel, du moins pour celui auquel on espère pouvoir les livrer. Du reste, les inventeurs des nouveaux systèmes d'éclairage avouent qu'ils renonceraient à tout espoir d'un éclairage économique s'ils étaient réduits à l'essence de térébenthine.

Parlons d'abord de l'extraction des hydrocarbures de la houille et de son dérivé le goudron.

Voici, à peu près, le procédé suivi jusqu'à présent pour l'extraction des huiles essentielles, ou hydrocarbures liquides, du goudron de gaz.

L'appareil distillatoire se compose d'une chaudière en tôle chauffée inférieurement et latéralement, au moyen de carneaux montant jusqu'au niveau le plus bas du liquide. Dans sa partie supérieure, ordinairement disposée en dôme, cette chaudière est entourée de substances très peu conductrices du calorique pour empêcher que l'air, en venant refroidir les parois supérieures, ne produise la condensation des vapeurs dont la chaleur spécifique est très faible. Un tuyau partant de l'extrémité du dôme conduit dans un serpentin entouré d'eau froide les vapeurs, qui, entièrement condensées à sa sortie, sont reçues dans des vases disposés *ad hoc*. Avant de se rendre dans la cheminée, les produits de la combustion vont chauffer une chaudière, avec un couvercle mobile, placée en contre-haut de la chaudière distillatoire, de manière à pouvoir l'alimenter de son contenu. Cette chaudière accessoire reçoit le goudron froid, pour que d'abord sa température s'élève au moyen de la chaleur perdue, et, surtout, ensuite pour qu'en chauffant, l'eau ammoniacale, qu'il retient toujours englobée dans sa masse en plus ou moins grande quantité, puisse se séparer. Cette séparation s'explique très bien par la fluidité qu'acquiert le goudron chauffé; l'eau, en vertu de sa légèreté, monte alors facilement à la surface du goudron ou elle s'évapore sinon en totalité, du moins en partie. Si l'évaporation n'est pas complète, la couche d'eau surnageant ne s'introduit pas dans la chaudière distillatoire avec le goudron, et, au bout d'un certain nombre d'opérations, cette couche est assez épaisse pour être enlevée d'une manière quelconque. Cette disposition n'est pas indiquée dans la fig. 1234, qui représente au contraire une disposition dont je parlerai tout à l'heure.

Si l'eau interposée dans le goudron était introduite avec lui dans la chaudière distillatoire, chauffée rapidement, elle tendrait à se réduire en vapeur au sein de la masse et y occasionnerait un boursouflement assez considérable pour faire sortir le mélange de la chaudière malgré une capacité double du volume du goudron.

On doit se garder de faire dans la conduite de la chaudière au serpentin une soudure à l'étain, car la haute température des dernières vapeurs distillées la ferait infailliblement fondre.

La chaudière distillatoire porte une vidange à soupape ou à robinet, pour laisser écouler le résidu de l'opération. Si dans l'atelier où s'opère cette distillation il se trouve du feu ou même une lumière, il faut laisser refroidir le brai dans la chaudière jusqu'à 180 degrés avant de le tirer, car les huiles essentielles restant dans ce brai, iraient infailliblement s'allumer, et formant avec l'air un mélange détonant, occasionneraient à la fois incendie et explosion.

Les vapeurs qui s'échappent pendant la distillation ont des densités différentes suivant les divers instants de l'opération. Les premières huiles essentielles que l'on recueille mélangées avec de l'eau, marquent de 28 jusqu'à 35 degrés à l'aréomètre quand on distille la crème des goudrons. Peu à peu cette légèreté spécifique diminue, et les dernières huiles obtenues sont plus denses que l'eau, si on chasse par la chaleur 25 p. 100 du goudron employé. C'est ce qui a lieu quand on veut obtenir spécialement du brai-gras, matière première des bitumes et asphaltes artificiels.

Avant qu'on eût songé à l'emploi des hydrocarbures liquides pour l'éclairage, et surtout au moment de la fièvre de spéculation bitumière, il y a une dizaine d'an-

nées, alors qu'on était arrivé à distiller de la houille rien qu'en vue du goudron, et alors que les goudrons des usines à gaz se vendaient à raison de 10 et 12 francs les 100 kil., c'est tout au plus si on utilisait en partie minime les huiles essentielles les plus légères pour les employer à la dissolution du caout-chouc ; tout le reste constituait un résidu dont le fabricant de brai était souvent embarrassé et qu'il était quelquefois heureux de vendre à raison de 2 à 5 fr. les 100 kil., pour être employé comme combustible ou dans la fabrication du noir de fumée.

Généralement dans la fabrication du brai-gras on retire 17 à 20 p. 100 d'huile essentielle en mélange presque aussi dense que l'eau, 2 p. 100 d'eau ; 75 p. 100 de brai, la perte étant de 5 à 8 p. 100. Si on veut avoir du brai sec il faut chasser 30 p. 100 de matières volatiles.

Le brai-gras en sortant de la chaudière Z (fig. 1234) est ordinairement reçu dans une chaudière inférieure, où il doit être mélangé avec une certaine quantité de chaux ou de craie et soumis alors à l'action de la chaleur.

Dans ces dernières années, même en fabricant le brai gras, quelques fabricants ont pris soin de fractionner les produits de la distillation. Ainsi ils recueillent toutes les premières huiles qui, mélangées, pesent 16 degrés environ à l'aréomètre de Beaumé, en rangeant dans la catégorie des huiles lourdes tout ce qui passe ensuite. Les huiles légères sont destinées à être traitées spécialement pour le service de l'éclairage.

En adoptant la base de ce procédé de distillation, il serait très possible, à notre avis, d'y apporter quelques améliorations. Le serpentin devrait être entouré, au lieu d'eau, de goudron placé dans un tonneau de tôle muni à sa partie supérieure d'un tuyau pour la sortie des vapeurs. Ce réfrigérant ainsi disposé permettrait la suppression de la chaudière accessoire de tout à l'heure, et apporterait nécessairement de l'économie et de la simplicité dans le travail. A cause de la faible chaleur spécifique des essences il serait probablement inutile de faire suivre le réfrigérant à goudron d'un réfrigérant à eau. Les vapeurs s'échappant du réfrigérant à goudron seraient de l'eau et les essences les plus légères.

A la fin de la distillation, du goudron froid arrivant à la partie inférieure du réfrigérant ferait passer dans la chaudière le goudron chaud et presque bouillant, de manière à produire une distillation presque continue.

Les huiles lourdes, distillées les dernières, sont très riches en naphtaline, et il nous a été dit par un fabricant de brai-gras, que de la naphtaline se volatilisait quelquefois à la fin de l'opération en venant cristalliser dans le serpentin qu'elle obstruait.

Nous avons maintenant pour épuiser l'ancien procédé, le seul, à vrai dire, encore suivi par les rares fabricants d'hydrocarbures pour l'éclairage, à parler de la rectification et de l'épuration, soit de la totalité des huiles recueillies pendant la distillation, soit des essences légères pesant 16 degrés. Car outre que ces produits soient loin d'être au degré voulu par les appareils d'éclairage, ils sont impurs et contiennent d'abord un peu des principes ammoniacaux contenus dans les eaux de condensation, puis une matière colorante qui leur communique une teinte brune qui augmente d'intensité par l'exposition à la lumière, à tel point que des essences obtenues presque blanches se colorent très sensiblement et très rapidement, abandonnées dans des vases transparents et souvent même dans des vases opaques.

Des distillations dans lesquelles on fractionne les produits fournissent assez facilement des hydrocarbures à la densité désirée pour l'éclairage comme pour les autres usages, la dissolution du caoutchouc par exemple ; mais l'épuration de ces substances a présenté longtemps des difficultés qui paraissent aujourd'hui surmontées.

M. Barral est, à ce que je pense, le premier qui ait indiqué un procédé convenable pour cette épuration : la position d'ingénieur qu'il occupait alors, près la compagnie formée pour l'exploitation des brevets de MM. Busson et Rouen, relatifs à l'éclairage par les hydrocarbures liquides, ayant appelé naturellement son attention et ses études sur ce point. Il ne suffisait pas à cette compagnie de présenter des lampes destinées à brûler les hydrocarbures, il fallait en même temps offrir le liquide éclairant, ou indiquer les moyens les plus simples de fabrication, à ceux qui voulaient bien se charger de préparer ces hydrocarbures.

Voici les moyens qu'employait M. Barral : Toute l'huile, marquant 1000° (densité de l'eau) au densimètre, et provenant de la distillation du goudron, telle que nous l'avons indiquée pour la fabrication du brai-gras, est traitée par 1/100° d'acide sulfurique à 66°. L'acide étant versé, on agite fortement la masse pendant 1 heure, avec un agitateur quelconque, un balai, par exemple. Ce battage peut être sans inconvénient prolongé pendant 2 heures, puis on laisse reposer ; l'acide se dépose entraînant avec lui les matières qu'il a charbonnées, attaquées. En se laissant guider par le procédé suivi dans l'épuration des huiles de graine destinées à l'éclairage, M. Barral, après l'action de l'acide, ajoutait une certaine quantité d'eau, battait une seconde fois, laissait reposer, puis décantait l'huile.

A cause de la présence des produits ammoniacaux dans cette eau, il serait peut-être avantageux, à mon avis, de traiter cette huile par une dissolution métallique neutre avant l'action de l'acide.

Après le traitement par l'acide, M. Barral distillait les hydrocarbures sur de la chaux qu'il employait à raison de 4 p. °/₀. Cette distillation, il l'opérait sur de petites quantités de liquide dans des cornues en fer, d'une capacité de quelques litres seulement, placées en certain nombre et en deux rangées parallèles sur un même fourneau de forme allongée. Le feu étant poussé modérément, le premier tiers des huiles qui passent les premières à la distillation a une densité spécifique de 840 à 850° ; cette densité augmente bientôt, car le deuxième tiers a une densité de 900 à 950°. Le troisième tiers marque 1000°, et est mis à part pour être traité de nouveau par l'acide sulfurique, qui par son action fait baisser la densité de 1000 à 970°. La perte par cette rectification est de 20 p. °/₀ à peu près. Le mélange de deux premiers tiers marque un peu au-dessous de 900° au densimètre, soit 26° environ à l'aréomètre de Beaumé. M. Barral préfère des cornues de petite dimension pour cette rectification, à cause des soubresauts qui s'opèrent dans une masse plus forte, soubresauts pouvant donner lieu à une projection d'hydrocarbures ; ce qui, vu la grande inflammabilité de la matière, serait une chance d'incendie.

Les hydrocarbures provenant de cette distillation passent, au sortir des cornues, dans un serpentin pour être refroidies convenablement. Il est bon que ce serpentin débouche en dehors de l'atelier où se trouve le fourneau, car les vapeurs qui seraient, par hasard, incomplétement condensées pourraient aller s'allumer au foyer.

Une deuxième distillation est considérée comme nécessaire par M. Barral, pour obtenir des produits de très bonne qualité ; elle s'opère sans chaux. La perte dans cette deuxième distillation est peu importante. Le résidu des distillations sur la chaux est une combinaison de cet alcali avec une matière grasse, combinaison qui a, pour son état et ses propriétés, beaucoup d'analogie avec la graisse noire qu'on fabrique depuis plusieurs années avec les résidus analogues de la distillation des huiles de résine. Cette nouvelle combinaison, cette nouvelle graisse, peut aussi très bien servir au graissage des voitures ; elle exhale, il est vrai, une odeur assez désagréa-

ble ; mais comme l'ancienne graisse noire elle peut très bien servir au graissage des voitures, l'odeur ne présentant pour cet emploi aucun inconvénient.

Les procédés de M. Barral nous semblent très rationnels ; seulement nous pensons que la distillation dans de petites cornues serait une condition gênante pour une fabrication en grand, à cause de la multiplicité des appareils nécessaires à la rectification d'une quantité un peu considérable d'hydrocarbures ; comme les soubresauts sont probablement dus à la présence de la chaux on remédierait, je pense, a cet inconvénient en adoptant une chaudière distillatoire munie d'un agitateur ; on pourrait peut-être aussi remplacer le chauffage à feu nu par le chauffage au bain d'alliage, ou d'huile grasse, ou bien encore mélanger aux hydrocarbures une dissolution saturée d'une substance saline choisie de telle manière que l'ebullition se produisît à une température ne dépassant pas le degré d'ébullition de la liqueur saline, tandis que pour la distillation des hydrocarbures seuls, le degré d'ébullition varie avec les divers instants de l'opération. Ce qui permettrait d'obtenir seulement les hydrocarbures dont le degré d'ébullition est au-dessous du degré d'ébullition de la solution saline. C'est ce moyen qu'a employé Selligue dans sa fabrication d'hydrocarbures, extraits des schistes, fabrication dont il va être question tout à l'heure.

On a proposé de distiller le goudron à la vapeur, ce moyen nous paraît plus dispendieux que la distillation à feu nu, et cela sans utilité bien reconnue ; il faudrait d'ailleurs, pour arriver à l'extraction de 25 p. 100 d'huile, pousser la température à peu près jusqu'à 300°, et la vapeur n'acquiert pas cette température par le mode ordinaire de génération, il faudrait donc de la vapeur surchauffée.

M. Kuhlmann a proposé, si je ne me trompe, de produire dans le vide la rectification des hydrocarbures, sinon la distillation du goudron ; je ne sais pas bien les résultats plus avantageux qu'il espère obtenir par ce procédé.

Je dois mentionner ici des modifications, indiquées par M. Payen, dans une de ses leçons, au système de distillation du goudron, sans savoir d'ailleurs si ces perfectionnements proposés sont ou non de l'invention du célèbre professeur et s'ils ont été appliqués.

D'abord, il dit que dans la distillation du goudron lui-même, on pourrait immédiatement séparer sans frais les divers hydrocarbures, en mettant à la place du condenseur ordinaire trois ou quatre vases entourés d'eau. Le premier vase le plus éloigné de l'alambic serait en contact avec de l'eau froide renouvelée continuellement ; le deuxième vase n'aurait pour d'autre réfrigérant que l'eau chauffée par le premier condenseur, l'eau chauffée par le deuxième passerait au troisième et ainsi de suite. D'après M. Payen, on opère de cette manière une séparation d'hydrocarbures qui nécessite ordinairement un appareil à part.

Je ne sais si cette disposition serait avantageuse ; son application seule pourrait donner une idée de sa portée. Comme d'après M. Barral, le traitement par l'acide sulfurique, des hydrocarbures, obtenus de la dissolution directe du goudron, a une influence très grande sur le rendement des huiles à faible densité, rendement qu'il favorise, cette séparation directe des hydrocarbures indiquée par M. Payen, semblerait devoir diminuer ce rendement.

Les produits obtenus par la distillation du goudron ne sont pas encore bien définis jusqu'à présent, et leur étude bien détaillée appelle l'attention sérieuse des chimistes ; mais on sait très bien cependant que les uns se vaporisent à une température qui ne dépasse pas 70°, que d'autres entrent en ébullition de 100 à 120°, que pour d'autres enfin, la température doit être poussée à 180°. Il paraît certain qu'il y a parmi ces hydrocarbures un assez grand nombre d'espèces distinctes l'une de l'autre, non seulement pour le degré de l'ébullition, mais aussi pour les propriétés. On sait déjà que ce ne sont pas les hydrocarbures les moins denses, ceux qu'on obtient les premiers dans la rectification, qui conviennent le mieux à la dissolution du caoutchouc, tandis qu'ils sont très avantageux pour l'éclairage. Cette remarque est applicable non seulement aux produits de la distillation du goudron, mais aussi à ceux qu'on obtient en distillant l'essence de térébenthine.

Voici, d'après M. Barral, les degrés d'ébullition pour des huiles à densité différente :

Degrés d'ébullition.	Densités à 8 degrés.
130	0,885
150	0,891
140	0,900

L'huile bouillant à 140° est presque inodore, et convient très bien à la dissolution du caoutchouc.

C'est en se basant sur ces divers degrés d'ébullition des divers hydrocarbures qu'on emploie, d'après M. Payen, pour la rectification de ces produits, un appareil de séparation présentant pour son principe de l'analogie avec celui que nous avons indiqué tout à l'heure.

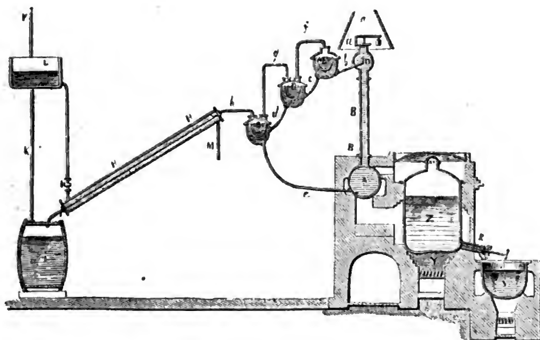
A la suite de l'appareil à distiller le goudron (figure 1234), on dispose un générateur A chauffé par la chaleur perdue du foyer Y. Ce générateur se prolonge en un tube ou colonne B, ayant 3 ou 4m de longueur et terminée par un réservoir D, dans lequel on peut régler la température du liquide, et de la vapeur qu'il tend à produire, au moyen d'une soupape maintenant une pression constante, soit 4 atmosphères pour 140°. La vapeur qui serait produite en excès par une augmentation de la pression normale, se dégagera par une petite cheminée *c*, après avoir soulevé la soupape *a*.

Du réservoir D part un tube *b*, communiquant avec le double fond ou plutôt la chemise d'une chaudière E, ayant le cinquième de la surface de la chaudière principale A. Deux autres chaudières semblables et d'égale capacité F et G se trouvent à la suite de la première. Leurs chemises et celle de la chaudière E communiquent entre elles par les tubes C et D, de telle sorte que le générateur A, le tube B, le réservoir D, et les chemises des chaudières ne forment qu'un espace continu plein d'eau chaude où la circulation peut s'établir de haut en bas d'après la différence de température. Les produits à rectifier sont placés dans la chaudière E ; la vapeur qui s'y produit passe dans la deuxième F, par le tube *b*, et s'y condense en partie ; la partie qui échappe à cette condensation renferme les hydrocarbures les plus volatils qui se dirigent dans la chaudière G, où une autre condensation se produit encore. Les vapeurs qui s'échappent de la chaudière G et qui contiennent la quintessence des hydrocarbures, passent dans un condenseur final entouré d'eau qui se renouvelle continuellement. Cette eau est fournie par un réservoir supérieur L, et s'échappe par le tuyau M, lorsqu'elle est devenue chaude. L'hydrocarbure est recueilli dans un récipient I, et les gaz non condensables, s'il y en a, se dégagent par un conduit K, qui débouche au-dessus du toit. Comme on le voit, après chaque opération, les vases E, F, G, I, contiennent des hydrocarbures de plus en plus volatils selon qu'ils sont plus distants de la colonne B D ; la séparation qu'on veut obtenir est donc effectuée.

M. Delafont, qui fabrique un liquide propre à l'éclairage, indique la recette suivante de fabrication pour la nature, la quantité des matières qu'il emploie, et le procédé d'épuration qu'il suit :

Esprit de fécule ou de vin, à 37°. .	400 litres.
Esprit de bois, à 30°.	400
Essence de goudron, à 26°. .	400
Essence de térébenthine, à 30°.	400
	1,000

 HYDROCARBURES.



1234.

On ajoute aux 1,000 litres 10 kilogrammes d'acide sulfurique à 66; on brasse le mélange qu'on abandonne pendant 12 heures à lui-même, en remuant seulement de temps en temps. Puis on traite le liquide par un mélange de chaux, d'hydrochlorate et de carbonate d'ammoniaque; on décante, on redistille, et on a la matière propre à l'éclairage.

Ce procédé d'épuration a beaucoup d'analogie avec celui qu'a employé M. Barral. Nous ferons seulement remarquer que le mélange de chaux, d'hydrochlorate et de carbonate d'ammoniaque, doit donner lieu à un dégagement d'alcali volatil, qui se retrouve nécessairement, en partie du moins, dans le liquide qui distille. Nous ne savons pas précisément dans quelle intention se fait ce mélange; serait-ce pour empêcher toute acidité de se développer dans un ou plusieurs des quatre principes constituant le liquide d'éclairage de M. Delafont. Ce liquide est livré par lui au commerce au prix de 1 fr. 20 c. le litre, pouvant éclairer au plus pendant 20 heures.

Comme les carbures d'hydrogène gazeux obtenus par la distillation de la houille, dans la fabrication du gaz, sont, en partie du moins, le résultat de la décomposition par le feu des hydrocarbures proprement dits que renferme la houille; si la décomposition ne peut s'opérer par le fait d'une température trop basse, les hydrocarbures sont simplement vaporisés, et se condensent par le refroidissement : alors, on n'obtient presque pas de gaz, mais beaucoup de goudron léger, riche en huiles très volatiles qu'on peut appliquer à l'éclairage après une épuration et une rectification convenables. Ainsi on peut, par une distillation de houille dans certaines conditions, obtenir des hydrocarbures liquides en quantité bien plus grande que celle qui se trouve dans les goudrons de gaz. Avant de parler des procédés à suivre pour arriver à ce résultat, je dois dire que, dans un pareil traitement de la houille, le produit qui a le plus de valeur est, sans contredit, le coke, et que sa qualité et son rendement doivent préoccuper spécialement au point de vue commercial, auquel il faut, en définitive, toujours sacrifier dans toute exploitation industrielle.

Il est incontestable qu'on peut, dans la fabrication du coke, disposer tellement les fours, qu'une très grande partie des produits volatils généralement perdus aujourd'hui soit condensée, et devienne par conséquent utilisable : mais ce à quoi il faut s'attacher, et je dois insister sur ce point, c'est à conserver d'abord au coke ses propriétés, et seulement ensuite à obtenir le plus possible de ces produits volatils, et ce qu'on obtiendra sera presque tout bénéfice. Mais si, en voulant obtenir le deuxième résultat, on modifie les propriétés ou la qualité du coke, de telle sorte que les consommateurs ne le trouvent plus, à tort ou à raison, propre à leurs besoins, on commettra, à mon avis, une imprudence très grave, et l'industrie en question périclitera comme péchant par sa base.

Ce n'est pas tout. Les usines à gaz, qui augmentent tous les jours en nombre et en importance, ont, pour un certain nombre du moins, du goudron à écouler, soit parce qu'elles vendent difficilement leur coke, soit parce qu'elles ne peuvent ou ne veulent pas brûler leur goudron à cause de la détérioration assez rapide que la combustion de ce dernier occasionne dans les fours, surtout s'ils ne sont pas convenablement disposés.

Toujours est-il, et c'est un fait incontestable aujourd'hui, que des usines à gaz assez nombreuses, tant à Paris que dans les départements, pour une cause ou pour une autre, vendent leur goudron à raison de 6 francs les 100 kilogrammes rendus à Paris. Ces goudrons, lorsqu'ils sont frais, rendent environ 10 p. 100 d'hydrocarbures propres à l'éclairage (1). Lorsqu'ils sont anciens, les substances les plus volatiles qu'ils contiennent ont pu s'échapper en partie au contact de l'air; aussi quelquefois le rendement est-il réduit considérablement. Ainsi il pourrait se faire qu'il fût plus profitable dans ce moment-ci, du moins pour extraire les hydrocarbures destinés à l'éclairage et autres emplois, de distiller les goudrons dont bon nombre d'usines

(1) C'est le chiffre indiqué par M. Barral, la densité de ces hydrocarbures étant 0,900. Des fabricants prétendent ne pas arriver à plus de 6 ou 7. Nous ne pouvons prononcer entre ces deux assertions.

à gaz ont à se débarrasser que de traiter directement de la houille.

Enfin, dans la fabrication de ces hydrocarbures, même sans passer par la fabrication du gaz, on obtient des produits qu'il faut écouler, savoir : 1° du brai-gras qu'on emploie dans la fabrication des bitumes et asphaltes artificiels, mais qui jusqu'à présent ont été, à tort ou à raison, regardés comme inférieurs aux asphaltes et bitumes naturels dans la confection des trottoirs et des travaux hydrauliques. Or, quand on distille des goudrons de gaz, on obtient 70 à 75 p. 0/0 de brai-gras, dont le prix aujourd'hui est de 8 fr. environ les 100 kil., mais qui tomberait bientôt à 4 ou 5 fr. si on en produisait en grande quantité. Cette quantité de brai-gras serait probablement un peu moindre pour le goudron qu'on pourrait recueillir, en condensant les produits volatils qui s'échappent des fours à coke; mais la diminution de brai ne serait pas assez importante pour modifier les conséquences de notre observation. 2° Des hydrocarbures à densité se rapprochant de celle de l'eau (on les appelle assez souvent les huiles lourdes), et qu'on n'a pu encore, jusqu'à présent du moins, faire servir à l'éclairage, et dont les emplois aujourd'hui sont assez restreints.

Ainsi on le voit, ici comme partout, à côté de la question technique, il y a la question commerciale qui pèse de tout son poids; et spécialement ici, il y a, à côté de la substance que l'on veut produire, d'autres matières résultant nécessairement de la fabrication, et ayant, sous le rapport du prix, beaucoup plus d'importance que cette substance elle-même. Il est nécessaire d'ajouter que ces substances, n'ayant aujourd'hui qu'un emploi très limité, trouveront peut-être, et même très probablement plus tard, par suite des recherches des chimistes, un écoulement plus facile pouvant venir changer les données et, partant, la solution du problème.

Nonobstant ces observations, disons quelques mots des procédés proposés jusqu'à présent pour extraire des hydrocarbures de la houille, sans avoir recours aux goudrons que fournit la fabrication du gaz.

En 1839, MM. Thomas et Laurens prirent un brevet pour la distillation des combustibles au moyen de la vapeur surchauffée ou de gaz chauds, mais dépourvus d'oxygène libre, en donnant pratiquement la préférence à la vapeur, qui, même pour certains buts, a des avantages spéciaux. La vapeur surchauffée, après sa formation, au-dessous de 400°, pénètre avec une faible pression effective de 1/4 à 1/2 atmosphère dans une enceinte fermée, où se trouve accumulé le combustible. Il n'y a pas de dispositions particulières ; cependant il faut placer les entrées et les sorties de vapeur de façon à faire circuler partout le fluide. Les hydrocarbures entraînés par le courant sont condensés par les moyens ordinaires de condensation.

Tous les combustibles sont ainsi carbonisés à 300 degrés à peine. Rien n'est plus facile à conduire que cette opération; on règle la pression à l'aide de robinets. La vapeur est chauffée dans un serpentin en fer qui ne s'use que très peu et dure longtemps, si on prend quelques dispositions capables d'annihiler l'effet des dilatations et contractions. Ce moyen de chauffage opère à une température bien inférieure à celle qu'exigent les mêmes opérations effectuées par un chauffage extérieur (1).

Ce procédé n'a jamais été appliqué en grand d'une manière suivie; une fois le problème résolu, MM. Thomas et Laurens ne s'en sont plus occupés, distraits qu'ils étaient par le succès de leurs applications des gaz des hauts-fourneaux dans les forges. Au point de vue technique ce procédé nous semble devoir donner de très bons résultats; mais il y a encore ici la question de la qualité du coke. MM. Thomas et Laurens avancent que le coke obtenu est de bonne qualité pour la fonderie et le haut-fourneau, si on conduit l'opération modérément. S'il en est ainsi, si le coke obtenu est aussi bon à l'emploi que celui des fours ordinaires, l'exploitation de ce procédé nous semble devoir offrir beaucoup de chances de succès. L'application peut seule résoudre la question d'une manière définitive.

Ce chauffage par la vapeur suréchauffée pourrait être, ce nous semble, appliqué avec avantage à la distillation du goudron ainsi qu'à la rectification des hydrocarbures, d'autant plus que ce mode de chauffage permettrait d'éloigner les ateliers de distillation des foyers, et par conséquent, ferait disparaître toute chance d'incendie.

Plus récemment, M. Rouen, qui comprenait la nécessité, pour pouvoir donner de l'extension à son système d'éclairage, de fournir au commerce des hydrocarbures à bas prix, a songé à fabriquer ces hydrocarbures sur le carreau des mines en même temps que le coke. D'abord il a voulu condenser purement et simplement les produits qui s'échappent des fours à coke; puis, si nous sommes bien informé, il a voulu opérer la distillation dans des cornues; enfin, nous avons entendu dire qu'il était revenu aux fours et qu'il avait obtenu des bons résultats à Saint-Étienne. Ne connaissant pas les procédés particuliers qu'il peut employer, il nous est impossible d'entrer, à propos de sa fabrication, dans quelques détails qui probablement devraient rentrer dans ceux qui ont été indiqués dans le cours de l'article. J'ai seulement appris de M. Rouen qu'il avait reconnu dans ses nombreux essais de distillation que plus la houille est fraîchement extraite et plus le rendement en hydrocarbures est grand, et qu'il y a une grande différence pour ce rendement entre la houille fraîche et la houille ancienne. Cette remarque est bonne, sans aucun doute, mais je crois que la différence de rendement n'est pas aussi grande que celle indiquée par M. Rouen.

Il y a longtemps d'ailleurs que cette remarque a été faite, non pas pour les hydrocarbures, mais pour le rendement du gaz, et tout le monde sait que la houille perd de sa qualité par l'exposition à l'air, surtout sous l'influence successive de la chaleur et de l'humidité. M. Rouen annonce qu'il obtient par ses procédés, pour 1 hect. de houille, 10 litres d'hydrocarbures bruts qui se réduisent à 5 au maximum, par suite de l'épuration et des rectifications nécessaires qu'il opère à la vapeur. Voici des résultats que m'a communiqués M. Barral d'après ses expériences.

Pour une distillation assez vive qui a duré 8 heures pour 261 kil., il a obtenu pour 100 kil. de houille de Douchy :

Coke.	70
Eau et gaz.	7
Goudron.	23
	100

Ce goudron étant analogue à celui des usines à gaz, mais contenant moins d'eau.

Pour une distillation lente qui a duré 3 jours, pour 300 kil. il a obtenu pour 100 kil. :

Coke.	82
Eau et gaz.	8
Essence.	10
	100

Cette essence était à la densité de 1,050 et a donné 5 d'huile à 0,900 et 5 de brai ou huile lourde.

Dans une distillation de charbon d'Anzin M. Barral n'a obtenu que 3,76 p. 100 d'essence à 0,900.

(1) En 1833, MM. Thomas et Laurens avaient déjà proposé l'emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à vapeur. En 1838 eut lieu la première application de la vapeur surchauffée pour la revivification du noir animal.

Si on parvient à établir des distilleries d'hydrocarbures dans les fabriques de coke, un nouvel incident viendra surgir dans la question, ce sera le transport de ces hydrocarbures.

Si le transport en fûts ne peut avoir lieu à cause des pertes de liquides, le transport en touries présentera certains inconvénients qui doivent être signalés. La casse de touries dans les transports doit être évaluée à 3 p. 100 en moyenne, de plus, leur tare, à cause du panier et du torquage nécessaire, doit être évaluée à 25 kil. pour un contenu de 50 kil., ce qui augmente de 50 p. 100 les frais de transport de la marchandise, en supposant qu'on n'ait pas d'ailleurs à effectuer le retour des emballages au lieu de fabrication, ce qui les augmenterait alors de 100 pour 100. Et cette dernière hypothèse n'a rien que de très admissible, car les touries qui auraient renfermé ces hydrocarbures seraient, nous le pensons, impropres à tout autre emploi.

Avant de terminer ce qui regarde les hydrocarbures extraits de la houille, disons que leur prix ne paraît pas devoir descendre jusqu'à présent au-dessous de 60 à 70 fr. les 100 kil., ainsi que nous l'avons déjà dit d'ailleurs à l'article ÉCLAIRAGE.

Il nous reste maintenant à parler des hydrocarbures extraits des schistes bitumineux. L'industrie des produits extraits des schistes est due entièrement à Selligue, enlevé prématurément, au milieu de sa carrière si pleine de découvertes et de travaux utiles, aux arts et à l'industrie.

On sait qu'en distillant les schistes bitumineux des environs d'Autun, Selligue est parvenu à obtenir, 1° des huiles volatiles ou essentielles; 2° des huiles fixes; 3° des huiles paraffinées qu'il emploie dans la confection des graisses; 4° de la paraffine propre, suivant Selligue, à la fabrication de bougies; 5° une matière colorante (1); 6° de l'ammoniaque; 7° du goudron; 8° une matière sèche propre à la décoloration des sirops ou à la désinfection des fosses d'aisance, pouvant remplacer jusqu'à un certain point les charbons végétaux ou animaux.

Nous n'avons pas à nous occuper de tous ces produits, mais bien des huiles essentielles ou volatiles pouvant servir à l'éclairage; seulement, comme le mode de traitement des schistes a une influence directe et incontestable sur le prix de revient des hydrocarbures, nous devons en dire un mot.

Selligue distillait d'abord les schistes dans des cornues en fonte, cylindriques et disposées verticalement; chaque fourneau contenait six cylindres d'une contenance de 1 mèt. cube, et était construit de manière à ce que les schistes amenés, au moyen de tombereaux, à la partie supérieure des cylindres, étaient enlevés à la fin de l'opération par un chariot en fer, les recevant à leur sortie par la partie inférieure des cornues. Le chauffage des cornues était très bien entendu, et ses dispositions permettaient d'utiliser au mieux le combustible consommé. Les produits de la distillation se dégageaient par la partie supérieure des cornues, et se condensaient par les moyens ordinaires.

Selligue, dans un nouveau brevet pris, il y a quelques années, pour le traitement des schistes bitumineux et des produits dérivés, a indiqué un nouvel appareil pour la distillation des schistes. Au lieu de placer ces schistes dans des cornues, il les place dans l'espace compris entre 2 troncs de cône renversés ou entonnoirs en tôle, de manière que l'épaisseur de la couche de schistes est petite, et que la chaleur pénètre également à peu près dans toute la masse, ce qui n'avait pas lieu dans les cornues, la chaleur arrivant difficilement jusqu'au centre à cause de la mauvaise conductibilité de la substance. La flamme du foyer ou plutôt des foyers placés autour de l'appareil, chauffe d'abord la surface extérieure, puis la surface intérieure du double entonnoir. Les produits de la distillation se dégagent par la partie supérieure de l'espace conique, que nous pourrions jusqu'à un certain point appeler la couronne conique, pour être condensés comme à l'ordinaire.

(1) On obtient aussi une substance colorante analogue dans le goudron.

Comme les produits les plus volatils, les plus condensables et aussi les plus précieux, se dégagent dans les premiers moments de la distillation, on a soin, à un certain moment de l'opération, de ramener sous les grilles des foyers, les gaz non condensables, ce qui procure une économie notable de combustible.

Les produits condensés sans aucune séparation forment le bitume brut, et 1000 kil. des schistes n'en fournissent que 60 à 65 kil.

En distillant ce bitume on obtient pour 1000k,365k (c'est-à-dire 2 p. 100 des schistes) d'un bitume liquide très léger, d'une densité qui varie entre 0,760 et 0,810, et 258 kil. (c'est-à-dire 1 à 2 p. 100 des schistes) d'une huile minérale pouvant servir à l'éclairage à la lampe.

Selligue employait pour l'épuration de ces huiles des procédés analogues à ceux de M. Barral. Il les traitait d'abord par l'acide sulfurique, puis par une lessive de soude, et c'était après ce double traitement qu'il distillait, pour volatiliser les hydrocarbures les plus légers. Pour être sûr d'avoir de ces corps pouvant se volatiliser entièrement à une certaine température, soit 140°, il ajoutait à la partie qui devait être distillée une dissolution saline ne pouvant entrer en ébullition qu'au degré voulu 140; et tous les produits condensés de cette distillation avaient nécessairement un degré d'ébullition inférieur à celui-là.

Jusqu'à présent les hydrocarbures extraits des schistes n'ont pu être employés, nous l'avons déjà dit, soit à cause de l'odeur insupportable, s'ils ne sont pas épurés; soit à cause de leur haut prix, 100 fr. les 100k, quand l'épuration a eu lieu. Il est possible que les modifications dont nous venons de parler, apportées par Selligue dans ses procédés, aient amélioré la qualité ou fait baisser les prix de revient de ces hydrocarbures; malheureusement la mort de l'inventeur aura apporté ou apportera peut-être des retards à la réalisation des améliorations qu'il avait obtenues.

Il ne faut pas étudier longuement la question de la distillation des schistes pour voir que cette industrie ne pourrait pas lutter, pour les prix de revient, avec celle de la distillation de la houille dans la fabrication du coke, si une lutte venait à s'établir. En effet, le résidu solide de la distillation des schistes est de 70 à peu près pour 100; il n'a qu'une valeur nulle ou du moins minime, le chauffage des appareils de distillation des schistes coûte du combustible, tandis qu'il est nul dans la carbonisation du coke (1); enfin les hydrocarbures contenus dans les schistes sont en moins grande quantité que dans la houille. Voilà plus de raisons qu'il n'en faut pour rendre certaine l'infériorité de l'industrie des produits extraits des schistes. A. MALLET.

ACIDE HYDRO-CHLORIQUE. — *Acide* CHLORHYDRIQUE. — *Acide* MURIATIQUE (*angl.* muriatic acid, *all.* salzalire). Glauber, chimiste allemand, qui vivait dans le dix-septième siècle, paraît être l'auteur de la découverte de cet acide; du moins, c'est lui qui, le premier, le retira du sel marin. Appelé d'abord *esprit-de-sel*, *acide marin*, puis *acide muriatique* (de *muria*, nom latin du sel), il fut regardé pendant longtemps comme un oxyde à radical inconnu. MM. Gay-Lussac, Thénard et H. Davy, démontrèrent par de nombreuses expériences qu'il était formé de volumes

(1) Quand bien même il y aurait du combustible à employer dans certains procédés, ce combustible coûte très peu sur le carreau de la mine, tandis qu'il est bien plus cher près du lieu de l'exploitation des schistes.

égaux d'hydrogène et de chlore, composition qui lui valut le nom d'acide *hydrochlorique* récemment changé en celui d'acide *chlorhydrique*. Cette découverte importante créa la classe des acides sans oxygène.

L'acide hydrochlorique est toujours gazeux à la température et à la pression ordinaires; il est incolore, mais à l'air humide il donne naissance à d'épaisses vapeurs blanches en absorbant de l'eau. Il éteint les corps en combustion et rougit fortement la teinture de tournesol, comme les acides les plus énergiques. Sa densité est de 1,247; son odeur piquante est si forte qu'il est impossible de le respirer sans danger. Un froid de 50° au-dessous de zéro ne le fait point changer d'état. Faraday, en le soumettant à une pression de 40 atmosphères à 8° au-dessus de zéro, est parvenu à le liquéfier. Indécomposable par la chaleur, l'acide hydrochlorique est décomposé par l'électricité; ce gaz a une excessive affinité pour l'eau qui, à 20° au-dessus de zéro, sous une pression de 0m,76, en dissout 464 fois son volume, c'est-à-dire les 3/4 de son poids. La dissolution saturée qu'on obtient présente une densité de 1,21, et marque 26°,5 à l'aréomètre de Beaumé; elle a toutes les propriétés de l'acide gazeux; on l'appelle *acide hydrochlorique liquide*. A cet état elle répand des vapeurs qui ne cessent d'apparaître que si on l'étend d'eau; cette dissolution saturée bout à 60° C. en perdant une partie de son gaz; il arrive cependant un moment où, si on continue à la chauffer, elle distille sans changement: elle bout alors à 110°.

Le tableau suivant, dû à M. Ed. Davy, fait connaître les quantités réelles d'acide hydrochlorique gazeux contenues dans 100 parties d'acide liquide à diverses densités, pour une température de 7°,22 C., et sous la pression de 0m,76.

DENSITÉ	QUANTITÉ d'acide.	DENSITÉ	QUANTITÉ d'acide.	DENSITÉ	QUANTITÉ d'acide.
1,21	42,43	1,14	28,28	1,07	14,14
1,20	40,80	1,13	26,26	1,06	12,12
1,19	38,88	1,12	24,24	1,05	10,10
1,18	36,36	1,11	22,22	1,04	8,08
1,17	34,34	1,10	20,20	1,03	6,06
1,16	32,32	1,09	18,18	1,02	4,04
1,15	30,30	1,08	16,16	1,01	2,02

L'acide hydro-chlorique se prépare à l'aide du sel marin et de l'acide sulfurique. En mélangeant ces deux corps, l'eau de l'acide sulfurique se trouve décomposée, son hydrogène se combine avec le chlore du chlorure de sodium, pendant que son oxygène se porte sur le sodium, et, la soude formée se combinant avec l'acide sulfurique, il y a production de sulfate de soude, tandis que l'acide hydrochlorique se dégage. Si l'on veut avoir cet acide gazeux, il faut le recueillir sur le mercure; si, au contraire, on veut l'obtenir liquide, on le reçoit dans une série de vases à moitié pleins d'eau.

Anhydre, l'acide hydrochlorique est formé de:

1 équivalent de chlore	442,650	ou bien	97,26
1 équivalent d'hydrogène	12,479	—	2,74
1 équivalent d'acide	455,129	—	100,00

Voici le tableau de la réaction qui a lieu quand on prépare l'acide sec.

Équivalents employés.

1 équiv. chlorure de sodium. . . .	733,56
1 équiv. d'acide sulfurique à 66°. . .	613,64
	1347,20

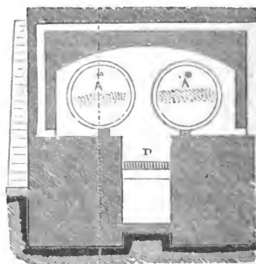
Équivalents obtenus.

1 équiv. sulfate de soude.	892,08
1 équiv. acide hydrochlorique. . . .	455,12
	1347,20

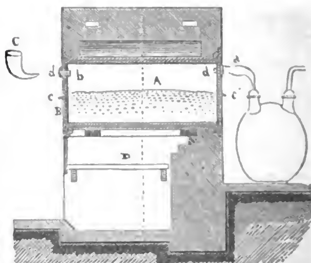
L'acide hydrochlorique du commerce se prépare à l'aide d'appareils formés de deux parties principales : 1° De vases producteurs; 2° de vases condenseurs.

Cette préparation a lieu par deux procédés différents : dans l'un, on fait usage des *fours* ou *bastringues*, comme nous le verrons plus tard en parlant de la fabrication de la soude où la production de l'acide hydrochlorique n'est, pour ainsi dire, qu'accessoire. Dans l'autre procédé, on fait usage des *cylindres*, et ces appareils s'emploient dans les localités où cet acide trouve un débouché facile; dans ce cas, l'acide hydrochlorique est le produit principal. Nous ne parlerons ici que de ces derniers appareils.

Les fig. 1235 et 1236, représentent les coupes longitudinale et transversale. Dans ces deux figures les mêmes lettres indiquent les mêmes objets. Chaque appareil se compose de 2 vases cylindriques horizontaux A, A', en fonte grise; ils ont 1m,66 de longueur, 0m,66 de diamètre intérieur, et 0m,03 d'épaisseur. A l'une des extrémités, qui se trouve bouchée, est placé le tube de dégagement *a*, qui sert à conduire les gaz dans les condenseurs. L'autre extrémité est fermée à volonté par un fond mobile *b*, qu'on ôte pour introduire dans chaque



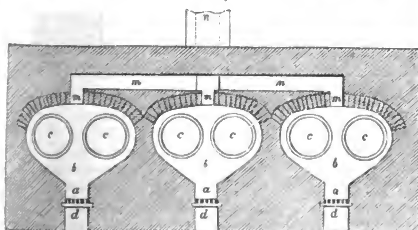
1235.



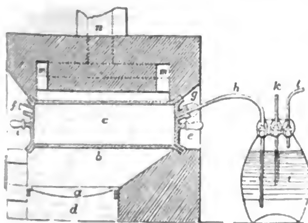
1236.

cylindre le sel marin et enlever les résidus. Ces disques qui ferment ainsi les ouvertures des cylindres sont également en fonte de 0m,03 d'épaisseur; ils sont munis d'une poignée extérieure *c* venue à la fonte, et portent à leur partie supérieure un bout de tuyau *d* qui sert à fixer une allonge en grès au disque du fond, et à introduire l'acide sulfurique de l'autre côté.

Les cylindres sont placés deux à deux dans des fourneaux distincts, mais réunis en un seul massif et n'ayant qu'une seule cheminée. Le plus souvent on réunit dans le même massif trois appareils dont on fait quelquefois communiquer les cheminées comme l'indiquent les fig. 1237 et 1238. Dans la construction de ces appareils, il faut s'arranger de telle manière, que les cylindres soient sur toute leur surface en contact immédiat avec la flamme qui circule tout autour, pour que tous les points du métal soient également chauffés, afin de rendre les dilatations uniformes et éviter les ruptures.



1237.



1238.

Tous les joints de l'appareil producteur étant bien lutés avec de l'argile mêlée de crottin de cheval et recouverte de terre franche, le bout antérieur seul étant ouvert, on charge à la pelle le sel marin, on adapte ensuite l'obturateur B (fig. 1235 et 1236), puis on introduit dans son ouverture *d* un entonnoir courbe C en plomb, à l'aide duquel on verse l'acide dans le cylindre. Cela fait, on retire l'entonnoir et on bouche l'ouverture avec un tampon en grès qu'on lute avec soin. Le feu est mis alors au foyer D, on a soin de ne l'augmenter que peu à peu. On emploie, de préférence à la houille, de la tourbe et du bois qui donnent une température plus uniforme dans toutes les parties des cylindres.

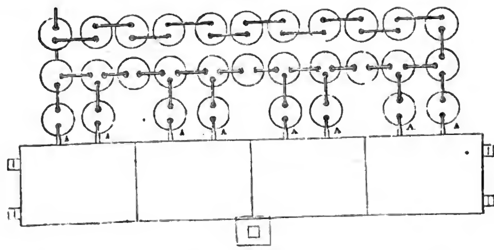
La réaction s'opère peu à peu et l'acide hydrochlorique qui se dégage par les allonges *a*, *a'*, entraîne avec lui un peu de vapeur aqueuse; ces gaz rencontrent dans chaque vase de condensation de l'eau à une température plus basse que la leur, aussi se condensent-ils rapidement. Lorsqu'il ne se dégage plus rien, quoique la température des cylindres soit au rouge-brun, on enlève les disques B, B', qui bouchent l'entrée des cylindres, et on ôte le sulfate de soude avec des pinces, pour recharger de nouveau l'appareil et recommencer une autre opération.

Les appareils de condensation se composent de bonbonnes en grès. Chaque cylindre, comme l'indique la fig. 1236, est réuni par une allonge avec une bouteille à deux tubulures servant à laver le gaz qui se dégage; chacune des bonbonnes de lavage communique par un tube recourbé avec une seconde bonbonne où se rendent les gaz non condensés dans la première. Toutes les secondes bonbonnes communiquent entre elles, et les gaz non dissous dans cette rangée de bouteilles, se rendent dans une autre rangée semblable, jusqu'à entière dissolution. Afin de mieux condenser l'acide hydrochlorique, on fait quelquefois plonger les premières bouteilles dans un bassin plein d'une eau qui se renouvelle continuellement; cette disposition est mauvaise, car la dissolution acide obtenue dans ces bouteilles est la plus impure, et les gaz qui y arrivent étant très chauds, il pourrait y avoir rupture des bonbonnes. Il serait de beaucoup préférable de refroidir la seconde rangée de bouteilles où se condense l'acide hydrochlorique le plus pur; celui dissous dans les laveurs contenant toujours du perchlorure de fer qui colore en jaune sa dissolution, de l'acide sulfurique et du sulfate de soude.

Une fois que les bonbonnes sont saturées, il faut les remplacer par d'autres à moitié pleines d'eau, de là un dérangement continuel qui nécessite beaucoup de main-d'œuvre. Pour éviter cet inconvénient on a essayé l'emploi de condenseurs fixes formés d'une double rangée de bonbonnes où, comme dans les condenseurs ordinaires, le gaz passe sans pression : chaque bouteille porte à sa partie inférieure une tubulure ordinaire garnie d'un bouchon en liége, ou mieux, d'un robinet en grès. Une gouttière en bois bituminé, à laquelle on donne une légère pente, se trouve entre les deux rangées de bouteilles, de telle manière qu'on peut y faire couler le liquide de chacune d'elles pour le recueillir dans un réservoir. Quand l'une des bonbonnes est saturée, on la vide par l'ouverture inférieure, et on remplace le liquide acide par de l'eau pure qu'on introduit par une tubulure libre qui se trouve au sommet de la bouteille, et qu'on bouche ensuite soigneusement. Par cette disposition on n'a pas besoin de luter et déluter continuellement les joints, aussi les fait-on d'une manière plus solide en employant le soufre fondu qu'on recouvre, quand il s'est solidifié, d'une couche d'argile broyée avec de l'huile de lin lithargirée.

Ce nouvel appareil de condensation nécessite des bonbonnes plus coûteuses, en raison de leur plus grand nombre de tubulures; en outre, pendant la vidange, la coulotte en bois qui reçoit l'acide concentré, n'étant pas fermée, il se dégage des torrents de vapeurs acides qui gênent les ouvriers et incommodent le voisinage. Il serait bon de remplacer la conduite en bois goudronné par une rigole en grès qui ne serait pas attaquée par l'acide, si toutefois on ne préférait la supprimer et soutirer directement l'acide concentré de chaque bonbonne dans une tourie d'emballage. On a essayé, dans ces derniers temps, un appareil de condensation stable et méthodique, dans lequel les gaz marchaient en sens contraire de l'eau. Cette disposition représentée fig. 1239

était obtenue à l'aide de syphons à branches égales et continuellement amorcés, qui mettaient en communication le liquide de toutes les bouteilles, et par conséquent y établissaient le même niveau. Des tubes recourbés conduisaient les gaz d'une bouteille dans l'autre : la bouteille en communication directe avec les cylindres était évidemment la première saturée ; une fois le point de saturation obtenu dans cette première bouteille, on la vidait à l'aide d'un syphon-robinet, d'un diamètre plus grand que celui des syphons de communication ; cette bonbonne vidée, le liquide de la seconde y était amené par le syphon qui les réunissait ; celui de la troisième passait dans la seconde, et ainsi de suite ; la dernière bouteille était en communication avec un réservoir d'eau, à niveau constant, qui la remplissait à moitié. De cette manière le travail des ouvriers était réduit considérablement, l'acide concentré n'était point exposé à l'air ; on évitait ainsi les émanations délétères d'acide hydrochlorique.



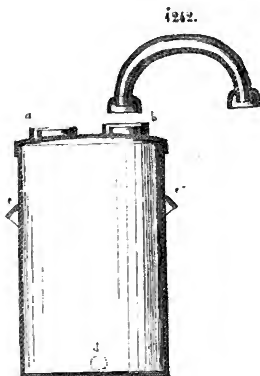
1239.

Il n'est pas à notre connaissance que l'emploi de ce dernier procédé ait complétement réussi, et qu'il soit employé aujourd'hui.

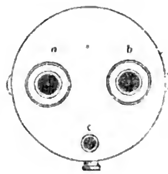
En Angleterre, on fait usage depuis quelques années de bouteilles en grès cylindriques ayant à peu près le diamètre des bonbonnes, mais d'une hauteur de près d'un mètre. Sans tenir plus de place que ces dernières, elles offrent, en raison de leur forme et de leur élévation, une capacité beaucoup plus considérable, ce qui est toujours d'un grand avantage dans une fabrique de produits chimiques, surtout quand l'espace manque.

Ces vases, représentés en coupe verticale par la figure 1240, et en plan par la fig. 1241, sont percés, à leur partie supérieure, de trois ouvertures. Les deux grandes *a*, *b*, sont garnies d'une gorge circulaire dans laquelle vient s'engager l'une des extrémités des tubes de communication qui servent à l'arrivée et à la sortie du gaz. La fig. 1242 représente la coupe d'un de ces tuyaux ; l'intérieur de la gorge est rempli d'eau, ce qui produit une fermeture hydraulique. La troisième ouverture *c*, est destinée à placer un entonnoir en grès pour remplir d'eau la bouteille. A la partie inférieure se trouve un ajutage auquel on fixe un robinet en grès pour la vidange de l'appareil : deux anses *c*, *c'*, facilitent la manœuvre de ces bouteilles.

1242.



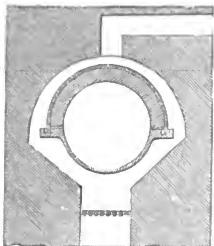
1240.



1241.

Dans la fabrication de l'acide hydrochlorique, l'appareil producteur a une durée limitée ; aux environs de la ligne de niveau du mélange, la fonte des cylindres est attaquée facilement : là, en présence de l'eau et de l'air, l'oxydation est plus facile que partout ailleurs ; une fois que les cylindres sont usés en cet endroit, on les retourne d'un quart de révolution de manière à changer la ligne de niveau. Dans une ou deux fabriques on a remplacé les cylindres ordinaires par d'autres dont la disposition est indiquée par la fig. 1243. Comme on le voit le cylindre est partagé en 2 parties, la partie supérieure est garnie d'une voûte en brique réfractaire ; de cette manière le niveau du liquide n'est plus en contact avec la fonte. Les cylindres ainsi disposés résistent beaucoup plus longtemps que les autres. Pour éviter autant que possible la destruction de ces cylindres, on emploie de l'acide sulfurique concentré qui agit peu sur le fer, il

est vrai qu'alors l'attaque du sel est moins complète, mais cet inconvénient n'est pas grave, car le sulfate de



1243.

soude, résidu des opérations, est employé pour la préparation de la *soude salée*, dite *des blanchisseurs*, ce qui fait qu'on emploie, même avec intention, un excès de sel marin.

Dans chaque cylindre, on met 160 kilogr. de sel, et 130 kilogr. d'acide sulfurique à 66° Beaumé. On obtient de 100 parties de sel, 130 p. d'acide hydrochlorique, ce qui fait à peu près 39 p. d'acide gazeux; comme, d'un autre côté, le sel, livré aux fabricants, contient des matières étrangères et un peu d'eau, il ne représente que 9,95 de sel pur, qui équivalent à 43 p. 100 d'acide réel : on en obtient 39; il n'est donc guère possible en grand, d'arriver à un résultat plus avantageux.

Il est utile de remarquer que le sel marin, qui se trouve en cubes juxta-posés, présentant des lamelles entre lesquelles se trouvent des vides nombreux, est, par cette raison, facilement attaquable par l'acide sulfurique : il n'en est point ainsi du sel gemme, qui, dans les mêmes circonstances, se décompose fort mal, même quand il est en poudre, aussi ne rend-il que les 2/3 de son équivalent d'acide hydrochlorique, en même temps qu'une partie de l'acide sulfurique passe, en distillant, dans les condenseurs.

Pour éviter cette double perte, on trouve qu'il est avantageux, quand on est forcé d'employer le sel gemme, pour la production de l'acide hydrochlorique, de le dissoudre, et d'employer dans ce but, les dissolutions concentrées.

Nous terminerons ce que nous avions à dire sur l'acide hydrochlorique en rappelant brièvement ses principales applications.

Cet acide sert à la préparation du chlore, à celle des chlorures décolorants et désinfectants; l'extraction de la gélatine des os en consomme d'énormes quantités; la fabrication du sel ammoniac et celle du protochlorure d'étain l'utilisent également. Enfin, la préparation de l'eau régale, la destruction des incrustations calcaires qui se déposent dans les conduites de distribution des eaux calcaires, et la fabrication des eaux gazeuses, en emploient aussi de notables quantités.

F. CH. KNAB.

ACIDE HYDRO-FLUORIQUE. Voyez FLUORURES.

ACIDE HYDRO-SULFURIQUE. Voyez HYDROGÈNE SULFURÉ.

HYDROGÈNE (*angl.* hydrogen, *all.* wasserstoff). Corps simple gazeux, l'un des principes constituants de l'eau. Il est inodore, incolore, insoluble dans l'eau, très inflammable, et lorsqu'il est pur il brûle dans l'air ou l'oxygène, avec une flamme bleuâtre très pâle, en donnant de l'eau. Sa densité est de 0,0688 ou 1/14 environ de celle de l'air, ce qui l'a fait employer pour gonfler les aérostats. On le prépare en décomposant l'eau et en la faisant passer en vapeur sur de la tournure de fer chauffée au rouge qui absorbe l'oxygène pour former de l'oxyde de fer magnétique, ou, le plus souvent, en faisant réagir un acide étendu d'eau sur un métal facilement oxydable. On emploie ordinairement de l'acide sulfurique étendu et de la grenaille de zinc ou du fer; l'affinité de l'acide pour l'oxyde métallique détermine la décomposition d'une certaine quantité d'eau dont l'oxygène se porte sur le métal pour former un oxyde qui se combine avec l'acide en donnant un sel, tandis que l'hydrogène mis en liberté se dégage.

L'hydrogène, en se combinant avec d'autres corps simples, donne naissance à une classe très importante d'acides dits HYDRACIDES.

HYDROGÈNE CARBONÉ. On distingue un grand nombre de combinaisons de l'hydrogène avec le carbone, telles sont beaucoup d'huiles essentielles, etc.; nous ne parlerons ici que des deux plus importants, l'*hydrogène proto-carboné* ou *gaz des marais* et l'*hydrogène bi-carboné*, qui sont tous deux gazeux.

Hydrogène proto-carboné. Gaz incolore, insipide, insoluble dans l'eau, et brûlant avec une flamme jaunâtre; sa densité = 0,559. Il se dégage des marais ou eaux stagnantes lorsqu'on en remue la vase. Il s'en forme une grande quantité par la distillation de la houille, et en général des matières organiques, et il constitue en majeure partie le gaz d'éclairage. Il se dégage même souvent, à la température ordinaire, dans l'intérieur des mines de houille, où il est connu sous le nom de *grisou*, et en se mêlant à l'air donne quelquefois lieu à des mélanges explosifs dont l'inflammation produit de terribles désastres. Voyez HOUILLE et LAMPE DE SURETÉ.

Hydrogène bi-carboné. Gaz incolore, d'une odeur empyreumatique, très peu soluble dans l'eau, inflammable et brûlant avec une flamme blanche fuligineuse. Sa densité est de 0,986. On le prépare en chauffant ensemble 1 partie d'alcool et 4 p. d'acide sulfurique concentré, puis purifiant le gaz qui se dégage en l'agitant, successivement avec une dissolution de potasse, de l'alcool faible et de l'eau.

HYDROGÈNE SULFURÉ. Gaz non permanent, incolore, d'une saveur et d'une odeur fétide tout à fait les mêmes que celles des œufs pourris. Sa densité = 1,1912. Il est inflammable et brûle avec une belle flamme bleue; il est très délétère. Lorsqu'on le mêle avec la moitié de son volume d'acide sulfureux, surtout en présence de l'eau, ces deux gaz se détruisent complètement, et il se forme de l'eau et du soufre. Il est soluble dans l'eau qui en dissout trois fois son volume.

Le chlore, l'iode et le brôme, le décomposent spontanément en donnant lieu à un dépôt de soufre et à la formation d'acides hydrochlorique, hydriodique et hydro-bromique. La meilleure manière de désinfecter l'air chargé d'hydrogène sulfuré est d'y répandre du chlore; c'est aussi le moyen le plus sûr de rappeler à la vie les personnes asphyxiées par le gaz, comme cela n'arrive que trop souvent dans la vidange des fosses d'aisances.

On le prépare en décomposant un grand nombre de sulfures par des acides. Le plus souvent on se sert de sulfure de fer et d'acide sulfurique étendu d'eau, ou de sulfure d'antimoine et d'acide hydrochlorique concentré.

HYDROGRAPHIE. L'hydrographie embrasse dans son ensemble l'étude de tous les faits produits par les eaux à la surface du globe.

Dans son application à la navigation, elle fournit aux marins les cartes hydrographiques, et des mémoires explicatifs qui servent de complément aux cartes marines, et dans lesquels se trouvent annotées toutes les circonstances qu'il importe aux navigateurs de connaître.

La géométrie démontre que la surface d'une sphère n'est pas développable sur un plan, il en résulte donc qu'il est impossible de reproduire par une même projection plane, le figuré exact du terrain sans en altérer, soit les formes, soit les dimensions. Devant cette impossibilité de construire des cartes reproduisant d'une manière complète tous les accidents du sol, les besoins de chaque service ont conduit à des systèmes de projections différentes.

Les projections sont *perspectives* ou par *développements*. Les premières ne sont employées que fort rarement, et lorsque l'on veut projeter sur une même carte l'étendue entière de tout un hémisphère. Dans les secondes viennent se ranger toutes les cartes géographiques et hydrographiques destinées au service de la guerre et de la marine.

Dans les *projections perspectives* on suppose la sphère creuse et l'œil placé soit en dehors, soit sur un point de la surface. La projection est formée par la rencontre successive de tous les rayons, partant de l'œil et allant aboutir à chacun des points du globe, avec le plan de projection qui est en général lui-même un des grands cercles de la sphère. Dans le premier cas, ces sortes de projections sont dites *orthographiques;* dans le second cas, elles prennent le nom de *stéréographiques*. En général, dans les projections stéréographiques, on suppose l'œil placé à une distance infinie; alors tous les rayons visuels sont parallèles et l'on choisit pour plan de projection le grand cercle de la sphère perpendiculaire à tous ces rayons.

Les *projections par développements* sont les seules employées lorsque la portion de terrain que l'on veut projeter est circonscrite dans des limites assez rapprochées. Elles sont *coniques* ou *cylindriques*, suivant que l'on suppose la zone que l'on veut projeter, enveloppée par un cône ou un cylindre dont la base est, en général, le parallèle moyen, c'est-à-dire le petit cercle de la sphère parallèle à l'équateur et qui passe par le milieu de la zone qu'il s'agit de projeter.

Les *projections coniques* représentent le développement d'un cône tronqué, inscrit ou circonscrit à la zone qu'il s'agit de projeter. Les méridiens y sont représentés par des lignes droites allant toutes concourir vers un même point; les parallèles y sont projetés suivant des arcs de cercle concentriques, dont le point de concours des méridiens est le centre commun.

Il est facile de comprendre que dans ce système de projection tous les contours de terrain sont fidèlement reproduits sur la carte. Si, en effet, on divise par la pensée la surface du sol en petits quadrilatères rectangles, formés par la rencontre de deux méridiens et de deux parallèles très rapprochés, on voit que ces rectangles que l'on peut multiplier autant qu'on le voudra, en les faisant très petits, s'y trouveront projetés suivant des quadrilatères aussi rectangulaires, formés par deux lignes droites et deux arcs de cercle; leur contour ne sera donc point déformé; mais les distances des différents points entre eux se trouveront fortement altérées. Si, en effet, la projection résulte du développement d'un tronc de cône inscrit, ayant pour bases les deux parallèles extrêmes de la zone, les distances y seront projetées suivant leur véritable grandeur vers les extrémités de la carte, tandis que dans le centre elles seront trop petites. Si la projection résulte du développement d'un tronc de cône circonscrit s'appuyant sur le parallèle moyen tangentiellement à la zone, les distances ne sont exactement reproduites que vers le centre de la carte, tandis qu'elles sont toutes trop gran des vers les extrémités.

Pour obvier à cet inconvénient des projections coniques par développements, on leur a fait subir plusieurs modifications. Dans le système dit *projection de Flamsteed*, un seul méridien se projette suivant une ligne droite, c'est le méridien qui passe par le centre de la zone dont on veut dresser la carte. Les parallèles y sont représentés par des lignes droites perpendiculaires à la projection du méridien central. Les autres méridiens y sont projetés suivant des courbes interceptant entre elles des parties de parallèles qui représentent la grandeur réelle des arcs de petits cercles compris entre ces méridiens. Dans ce nouveau système, les distances des différents points du globe entre eux sont conservées, mais à mesure que l'on s'éloigne du méridien central; les courbes représentant les autres méridiens, coupent les parallèles sous des angles de plus en plus aigus; les petits rectangles de la sphère se trouvent projetés suivant des quadrilatères obliquangles, et les contours se trouvent déformés.

Dans le système de projection adopté pour la nouvelle carte de France, dressée par les officiers du dépôt de la guerre, le méridien central se projette encore suivant une ligne droite, mais les parallèles sont des arcs de cercle concentriques: les autres méridiens sont, comme précédemment, représentés par des courbes interceptant entre elles des parties de parallèles circulaires qui représentent la grandeur réelle des petits cercles de la sphère compris entre ces méridiens. Ce système reproduit tous les avantages et une partie des inconvénients du précédent; cependant les petits rectangles de la sphère sont projetés par des petits quadrilatères qui restent sensiblement rectangulaires lorsque l'on ne s'éloigne pas trop du méridien central; il est connu sous le nom de *projection de Flamsteed modifiée* ou *du dépôt de la guerre.*

Le système de projection employé pour la construction des cartes hydrographiques diffère totalement des précédents. Ce qu'il importe surtout aux marins, c'est de pouvoir toujours fixer sur une carte, par des moyens faciles, la position que le vaisseau occupe à la surface des eaux, et de consulter ensuite la direction qu'ils doivent suivre pour arriver sûrement à leur destination. La possibilité d'y mesurer d'une manière exacte les distances n'est plus, pour les cartes marines, qu'une qualité secondaire, et si, pour satisfaire à tous les besoins de la navigation, le système de projection que l'on emploie doit encore reproduire d'une manière exacte les contours des côtes et les positions respectives des différents points de la terre qui s'aperçoivent de la mer, il faut aussi qu'il satisfasse à des conditions tout exceptionnelles.

Toutes les cartes marines sont des *projections par développements cylindriques*. On en distingue deux espèces désignées sous le nom de *cartes plates*, et *cartes réduites*.

Cartes plates. Lorsque la zone terrestre que l'on veut projeter sur un plan est comprise entre deux parallèles fort rapprochés, on peut le considérer comme étant un élément d'un cylindre droit qui aurait pour base le parallèle moyen; et alors, en déroulant cet élément cylindrique suivant une de ses génératrices, les méridiens et les parallèles se trouvent projetés suivant deux systèmes de lignes parallèles et perpendiculaires entre elles. Les projections des parties de parallèles comprises entre deux mêmes méridiens sont toujours trop grandes ou trop petites vers les extrémités de la carte, tandis que les arcs de méridien compris entre les mêmes parallèles sont toujours projetés proportionnellement à leur grandeur réelle. Il en résulte que dans ce système de projection, qui est celui employé pour les cartes plates, les contours du terrain, ainsi

HYDROGRAPHIE.

que les distances des différents points, se trouvent fortement altérés si l'on veut y représenter un espace assez étendu de terrain. Aussi le système des cartes plates n'est employé par les marins que lorsque la partie du globe que l'on veut projeter est suffisamment petite, pour qu'elle se confonde sensiblement avec le plan mené tangentiellement à la sphère au point central. Dans ce cas-là, on se dispense même, en général, de tracer les méridiens et les parallèles. Une echelle placée dans un coin de la carte suffit pour pouvoir mesurer les distances, et la carte prend le nom de *plan*.

Cartes réduites. Le système des cartes plates ne présente un degré suffisant d'exactitude que lorsque les deux parallèles extérieurs de la zone que l'on veut projeter sont excessivement rapprochés. Il n'a plus d'utilité, lorsque l'on veut figurer sur une même carte des étendues considérables. C'est pour cela que l'on a eu recours au système de *projection* dit de *Mercator*, et qui est en usage pour la construction des *cartes réduites*.

Supposons qu'il s'agisse de projeter la moitié d'un hémisphère, on pourra toujours la diviser en tranches déterminées par des plans parallèles à l'équateur, interceptant entre eux des arcs égaux de méridien d'une minute par exemple, et ensuite projeter chacune de ces tranches suivant le système des cartes plates, de manière à ce que la projection de chaque partie de parallèle comprise entre deux mêmes méridiens, représente en longueur une même portion de l'arc réel. Chacune de ces petites cartes plates formera un rectangle très allongé, mais dont les bases seront nécessairement inégales, puisque toutes ces cartes auront la même échelle, et que les parallèles développés dans chacune d'elles deviendront de plus en plus petits, à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Si actuellement nous voulions, sans déformer tous ces rectangles, les agrandir, de manière à ce que chacune des bases représentant un parallele différent devînt égale à la ligne représentant la projection de l'équateur, il faudrait faire croître dans la même proportion que la base, le petit côté représentant la projection d'une minute de méridien ; et alors toutes ces cartes plates partielles réunies bout à bout formeraient une seule et même carte, dans laquelle tous les contours des terres seraient encore fidèlement reproduits. Mais il est évident aussi qu'une même grandeur, celle de l'arc de méridien d'une minute, se trouvant représentée en projection sur chacune de ces cartes plates par une ligne de grandeur différente, les distances seront projetées sur chacune d'elles, suivant une proportion différente.

Nous avons supposé que l'arc de méridien intercepté par les parallèles était d'une minute ; mais actuellement nous pouvons le supposer infiniment petit, et supposer de même le nombre des tranches qu'ils interceptent infiniment grand, et nous aurons une carte composée d'une infinité de petites cartes plates ayant toutes des échelles différentes. C'est ce qui constitue la *carte réduite*.

Ainsi les propriétés particulières au système de projection de Mercator employé dans les cartes réduites sont celles-ci : les méridiens et les parallèles se projettent suivant deux systèmes de lignes parallèles perpendiculaires entre elles. Les contours du terrain y conservent leurs formes ; mais l'échelle de la carte ne reste uniforme que sur un même parallèle. Les lignes suivant lesquelles se projettent les arcs de même grandeur d'un même méridien vont constamment en croissant, suivant une loi dite des *latitudes croissantes* ; et l'on ne peut obtenir au moyen de la carte la distance de deux objets qui y sont projetés que d'une manière imparfaite, en se servant de l'échelle de latitude comprise entre les deux parallèles passant par ces deux points. Aussi, comme il est facile de le voir, ce système de projection ne réunit qu'une partie des qualités qu'offre le système de Flamsteed modifié ; mais ce qui le rend très précieux pour les marins, ce sont les deux propriétés suivantes qui lui sont particulières : 1° les méridiens et les parallèles se projetant suivant des lignes droites ; 2° la courbe dite *loxodromie*, qui est celle que parcourt un vaisseau lorsqu'il va d'un point à un autre (voyez NAVIGATION), et qui jouit de la propriété de faire toujours le même angle avec tous les méridiens, se projette toujours suivant une ligne droite, et de plus l'angle que fait la projection des méridiens avec celle de la loxodromie est égal à celui que cette courbe fait sur le globe avec chacun des méridiens qu'elle rencontre. Ces deux propriétés sont, en effet, d'autant plus précieuses pour les marins que, lorsqu'ils ont calculé leur longitude et leur latitude, il leur suffit de tracer deux lignes droites pour fixer sur leur carte le point que le navire occupe à la surface des eaux, et ensuite en joignant ce point avec celui où ils veulent arriver ; l'angle que cette ligne fait avec les projections des méridiens leur fait connaître la direction que doit suivre le navire pour atteindre le port.

En général, les positions de tous les points du globe pouvant être déterminées par leur longitude et leur latitude, on peut construire une carte dans un système de projection quelconque dont on sait tracer les méridiens et les parallèles. Dans toute construction de carte un peu étendue, on procède, en effet, de cette manière. Toutefois ce mode de tracer une carte étant, en général, très long, on se contente de fixer les points principaux, et les détails s'intercalent ensuite par des réductions partielles.

Lorsque l'on veut lever une carte, on établit sur le terrain des lignes de triangles ayant tous au moins un côté connu ; la mesure d'une base et l'observation des angles de ces triangles permettent ensuite de fixer la longitude et la latitude des points qui sont à leurs sommets. Ces triangles ne sont jamais suffisamment grands pour que l'on ne puisse considérer la partie du terrain que chacun d'eux embrasse, comme étant un plan dont les détails sont levés à la planchette. Pour construire la carte, on procède, en général, d'une manière analogue. On dresse le plan de chaque partie séparée ; ce qui présente peu de difficultés, attendu que ces zones sont toujours assez petites pour qu'elles se confondent sensiblement avec le plan mené tangentiellement à la surface du globe par leur centre. Ensuite, on réunit tous ces plans pour les réduire sur la carte par parties séparées, en s'appuyant sur les points principaux que l'on a placés à l'avance, au moyen de leurs longitudes et latitudes.

Le travail qui se fait à la mer pour la construction des cartes marines est assujetti à la position des points saillants de la côte, et qui s'aperçoivent de la mer ; il consiste à fixer sur la carte la position des dangers de toute espèce, qui ne sont nulle part aussi nombreux qu'aux approches des terres, à indiquer aux marins la profondeur de l'eau, et la nature du fond qu'elle recouvre. En général, ces données ne sont importantes à connaître pour la navigation que près du rivage. Cependant il arrive quelquefois qu'il existe des dangers au large et hors de vue de toute terre ; souvent aussi le fond de la mer présente peu de profondeur à des distances considérables du rivage, et il est important que les marins puissent en connaître à l'avance le barrage. Pour tout le travail qui se fait à la mer, en dehors de la vue du rivage, on est obligé de préciser la longitude et la latitude pour ainsi dire de chaque sonde. Toutefois comme ces déterminations sont toujours longues, difficultueuses, et qu'elles exigent toujours des circonstances toutes particulières pour présenter un caractère suffisant d'exactitude, on y a recours

rarement, et seulement lorsqu'il s'agit de fixer la position de un ou plusieurs points isolés. On tâche autant que possible de réunir sur le même lieu plusieurs bâtiments que l'on mouille à des distances calculées les uns des autres, lorsque l'on a de grands espaces à sonder. Ces bâtiments, dont on fixe la position en les joignant par une triangulation, et dont on détermine la longitude et la latitude, servent ensuite à fixer les sondes faites par les embarcations de la même manière que les points saillants du rivage.

Il n'est pas possible, du reste, de décrire, si ce n'est d'une manière très générale, toutes les opérations au moyen desquelles on peut parvenir à lever et à dresser une carte marine; car elles varient nécessairement suivant les circonstances et les moyens dont peut disposer l'hydrographe. Lorsque le pays dont on veut lever la carte marine laisse toute facilité pour y pénétrer et y établir un réseau géodésique, toutes ces opérations hydrographiques s'y rattachent facilement, et on peut espérer arriver à des travaux aussi parfaits que possible. Le travail hydrographique des côtes de France, exécuté de nos jours par les ingénieurs hydrographes de la marine, peut servir de modèle en ce genre; c'est le travail le plus complet que l'on connaisse en hydrographie. Mais il arrive aussi que le navigateur ne peut aborder nulle part sur la côte qu'il lui importe de reconnaître, et alors tout le travail doit s'exécuter de la mer avec des procédés beaucoup moins parfaits.

Dans les cartes hydrographiques, la profondeur des eaux est exprimée par des chiffres. Sur les anciennes cartes, ces chiffres indiquent des brasses et des pieds de France; mais aujourd'hui les indications sont données en mètres et en décimètres, lorsqu'il importe aux marins de connaître le brassiage avec beaucoup d'exactitude. Pour reconnaître la nature du fond, les ingénieurs hydrographes qui vont sur les lieux emportent de longues barres en fer appelées *lances*, surmontées d'un poids considérable, et garnies d'échancrures destinées à retenir des petites parties du terrain dans lequel elles ont pu pénétrer. Enfin, afin de faciliter au marin la possibilité de reconnaître le point sur lequel il veut atterrir, un grand nombre de cartes marines sont garnies de projections orthogonales, espèces de panoramas où la côte est représentée avec ses formes, telle qu'on la voit de la mer à une distance déterminée et dans une direction ou rhumb de vent fixe. En général, les détails topographiques que l'on ajoute aux cartes marines n'ont point pour but de figurer d'une manière exacte, par des courbes de niveau, le relief du terrain, comme dans les cartes géographiques; on exagère avec intention tous les points saillants du rivage qui s'aperçoivent de la mer; car ce sont les seuls qu'il importe au navigateur de connaître.

Pour les cartes géographiques, on a adopté depuis longtemps des échelles fixes; les cartes marines ne sauraient être astreintes aux mêmes règles d'une manière absolue. D'abord les cartes réduites n'ont jamais d'échelle uniforme; les distances égales sont toujours projetées suivant des lignes inégales et dépendantes de la latitude. Les cartes plates et les plans ne sont employés que pour donner avec beaucoup de détails les parties de la mer, telles que les entrées des ports, les embouchures de rivières, où les écueils sont nombreux, les passages souvent étroits et sinueux. Par suite, l'échelle de proportions ne saurait être fixée d'une manière précise à l'avance; elle est d'autant plus grande que la carte doit comporter plus de détails.

Il est toujours difficile de contrôler à l'avance l'exactitude d'une carte marine, et souvent ses défauts ne sont constatés que par des accidents graves. Aussi presque de tout temps le gouvernement, en France, s'est réservé le droit exclusif de les publier. Toutes les cartes marines, dressées au dépôt général de la marine, sont livrées au commerce à un prix tellement modique qu'il couvre à peine les déboursés faits pour le tirage et l'achat du papier. Le corps des ingénieurs hydrographes s'occupe exclusivement de leur construction. Plus de mille planches en cuivre, sur lesquelles sont gravées les cartes marines formant le Recueil de l'hydrographie française, composent le matériel de l'imprimerie du dépôt de la marine : elles embrassent l'étendue entière de toutes les mers du globe; et à mesure qu'un danger ou une découverte quelconque pouvant intéresser la navigation se trouve signalé, on se hâte de l'inscrire sur la planche en cuivre de la carte. Plusieurs nations, telles que l'Angleterre et l'Espagne, possèdent aussi des dépôts hydrographiques; mais, dans aucun pays du monde, le commerce ne peut se procurer des cartes à un prix aussi bas qu'en France, grâce à la libéralité du gouvernement qui en fait les frais.

Voici les principaux signes conventionnels adoptés par les ingénieurs hydrographes de la marine, et employés pour les cartes et plans du nouveau Neptune français :

Les profondeurs de l'eau sont rapportées au niveau des plus basses mers observées sur les principaux points de la côte.

Les élévations des plages, ainsi que celles des dangers isolés qui couvrent et découvrent au-dessus du niveau des basses mers, sont toujours exprimées par des chiffres soulignés. On écrit les élévations des petits dangers isolés, entre parenthèses, près de leurs positions.

Les diverses natures du fond de la mer sont exprimées ordinairement au moyen des abréviations suivantes :

S. — Sable.
S. f. — Sable fin.
S. bl. — Sable fin blanc.
S. gris — Sable fin gris.
g. S. — gros Sable.
Gr. — Gravier.
g Gr. — gros Gravier.
Gal. — Galets.
Pi. — Pierres.
g. Pi. — grosses Pierres.
R. — Roches.
R. inég. — Roches inégales.
R. déc. — Roches qui sont en état de décomposition, et que les marins nomment roches pourries et roches molles.
Ard. — Ardoises ou roches schisteuses.
T. — Tuf.
Cor. — Corail.
Mad. — petits Madrépores ramifiés de couleur rouge, que l'on trouve ordinairement sur les fonds argileux.
Mad. j. — petits Madrépores roulés et décolorés, formant une espèce de gravier jaunâtre.
Coq. — petites Coquilles.
g. Coq. — grosses Coquilles.
Coq. br. — Coquilles brisées.
Coq. moul. — Coquilles moulues.

Nota. On indique l'espèce des coquilles rapportées par le plomb de sonde, lorsque la même espèce se trouve en masse sur une grande étendue du fond de la mer.

Arg. — Argile bleue compacte.
V. — Vase verdâtre.
V. j. — Vase jaunâtre.
V. n. — Vase noirâtre.
V. d. — Vase dure.
V. m — Vase molle.
F. v. — Fange verte ou vase molle fétide.
F. n. — Fange noire.
S. V. c. — Sable vaseux compacte.

Goë. — Goëmon. On désigne sous ce nom toutes les plantes marines qui croissent sur les roches et les pierres.

Al. — Algue. On désigne sous ce nom l'espèce de plante marine, mince et longue, qui croît dans les fonds de sable vaseux, et qui empêche souvent les ancres de prendre et de tenir.

Herb. — Herbier. Fond vaseux couvert par de petites plantes marines, dans lequel les ancres prennent facilement et tiennent bien.

Quand le plomb de sonde a rapporté un fond mélangé, on écrit d'abord la qualité de fond qui domine. Ainsi *S. V.* indique un mélange de sable et de vase dans lequel le sable domine, et *V. S.* un mélange de même nature dans lequel la vase domine.

Un trait mis au-dessous de l'indication d'une qualité de fond signifie peu. Ainsi S. V. indique du sable mêlé d'une petite quantité de vase, et V. S. de la vase mêlée d'une petite quantité de sable.

Lorsqu'on a reconnu, au moyen des lances, que la qualité vraie du fond diffère de la qualité apparente donnée par le plomb de sonde ordinaire, on écrit la qualité vraie entre parenthèses. Ainsi, pour exprimer que l'on a trouvé, avec une lance, des roches couvertes par de la vase molle, sur un point où le plomb de sonde ordinaire indiquait seulement de la vase molle, on écrit, près du chiffre de sonde, *V. m.* (*V. m. R.*); et, pour exprimer que l'on a trouvé de l'argile au-dessous d'une couche de petits madrépores ramifiés rouges, on écrit *Mad.* (*Mad. Arg.*).

On limite, sur les cartes et sur les plans dressés sur une grande échelle, les fonds de sable et de vase sur lesquels il reste moins de 9 mètres d'eau de basse mer par des traits fins interrompus. On subdivise les grands plateaux que donne cette limite, qui est celle des parties navigables pour des vaisseaux, au moment de la basse mer, en trois classes de bancs, en raison du brassiage.

La première classe est formée des parties sur lesquelles il reste moins de 3 mètres d'eau.

La deuxième classe, des parties sur lesquelles il reste depuis 3 mètres d'eau jusqu'à 6 inclusivement.

La troisième classe, des parties sur lesquelles il reste depuis 6 mètres d'eau jusqu'à 9 mètres inclusivement.

On met ordinairement sur les bancs de cette espèce des teintes plates, de forces différentes, qui facilitent l'intelligence des cartes et des plans.

Lorsque deux objets terrestres remarquables se trouvent dans la même direction qu'un danger, dont il est important de faire connaître avec exactitude la position aux navigateurs, on indique cette direction par une ligne.

On indique les directions des passes par deux lignes très rapprochées l'une de l'autre.

On représente en élévation les églises, tours, phares, balises, moulins à vent, et autres objets remarquables qui sont visibles de la mer.

Les églises qui ne se voient pas de la mer, quoique situées près de la côte, sont représentées par le signe suivant ♁. On emploie encore les signes suivants :

—— Directions des courants.

—— Mouillages.

—— Bouées.

—— Tonnes.

—— Tonnes.

Roches qui ne couvrent jamais.

Ces roches sont figurées en plan et ombrées; on entoure de points celles qui sont petites et isolées, afin de les rendre plus visibles.

Roches qui couvrent et découvrent.

Ces roches sont figurées en plan et ombrées; on entoure de points celles qui sont petites et isolées, afin de les rendre plus visibles.

Quand l'élévation d'une roche de cette espèce au-dessus du niveau des plus basses mers est connue, on écrit cette élévation, en pieds de France, près de la roche; on souligne le chiffre qui l'indique, et on le met entre parenthèses, pour le distinguer des chiffres de sonde qui expriment les profondeurs de l'eau, ainsi que des chiffres soulignés qui expriment les élévations des plages et bancs qui couvrent et découvrent.

Roches isolées qui ne découvrent pas, mais sur lesquelles les bâtiments peuvent échouer.

Quand le brassiage des roches de cette espèce est connu, on l'écrit en dedans des points, lorsque cela est possible.

Roches dangereuses, dont on n'a pas pu avoir exactement le brassiage.

Roches dangereuses dont l'existence est certaine, mais dont les positions sont douteuses.

Roches dont l'existence est incertaine.

Les fonds de roche isolés qui se trouvent dans les mouillages, de même que les grands plateaux de sable ou de roche sur lesquels les navigateurs doivent éviter de passer, quand la mer est mauvaise, sont limités par des points.

On indique sur les cartes des mers où les marées sont presque insensibles les roches peu élevées au-dessus de la surface de l'eau, par ce signe ; les roches isolées qui ont beaucoup de hauteur et peu d'étendue par cet autre signe .

V.-DUMOULIN.

HYDROSTATIQUE. Voyez HYDRAULIQUE.

HYGROMÈTRE. Instrument servant à mesurer l'humidité de l'atmosphère. Le plus employé est celui de *Saussure*, qui consiste en un cheveu dégraissé dans une faible solution de potasse ou de soude. Ce cheveu se raccourcit par la sécheresse et s'allonge par l'humidité, sous la même température. On le suspend par un bout à une pince, et on le fixe par l'extrémité inférieure à une petite poulie sur laquelle il s'enroule et est tendu à l'aide d'un petit contre-poids. Par suite des variations de l'état hygrométrique de l'air le cheveu varie de longueur et fait tourner, dans un sens ou dans l'autre, la poulie sur l'axe de laquelle se trouve une aiguille qui se meut sur un arc gradué.

On règle cet instrument, en le plaçant successivement sous une cloche saturée d'humidité et sous une cloche dont l'air a été complétement desséché avec du chlorure de calcium. On marque 0 à l'extrême séche-

resse, 100 à l'extrême humidité, et on divise en 100 parties égales la portion comprise entre ces deux points de l'arc sur lequel se meut l'aiguille.

Cet hygromètre sert à présager les changements de temps, et reproduit les mêmes indications quand les circonstances redeviennent les mêmes. Pour en conclure la quantité pondérable de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, il faut avoir égard à la température, qui est donnée par un thermomètre dont l'instrument est muni, il faut en outre recourir à une table qui indique la relation entre ces deux indications et le degré réel de saturation.

Dans l'hygromètre de *Deluc*, le cheveu est remplacé par une petite bande de baleine.

Les hygromètres les plus communs sont composés de cordes à boyaux qui, pincées par un bout, portent à l'autre un indicateur normal aux cordes. Les variations hygrométriques faisant tordre ou détordre ces cordes par suite du gonflement des filets membraneux dont elles sont composées, l'indicateur tourne dans un sens ou dans l'autre. Ordinairement, la corde à boyau est supportée horizontalement par un tube, et l'indicateur, qui tourne verticalement, représente le bras d'une petite figure qui se couvre ou se découvre à l'approche de la pluie.

I

ICHTYOCOLLE. Voyez COLLE DE POISSON.

ÉTOFFES IMPERMÉABLES (*angl.* water proof cloth, *all.* wasserdichte zeuge). Nous avons déjà parlé, à l'article CAOUTCHOUC, des étoffes rendues imperméables au moyen de l'application d'un enduit de caoutchouc, et connues sous le nom d'étoffes macintosh ; ces étoffes étant également imperméables à l'eau et à l'air empêchent la transpiration de se répandre au dehors, de sorte que lorsqu'on quitte un par-dessus de cette étoffe, on est en sueur et on court le risque d'attraper des fraîcheurs. Pour parer à cet inconvénient on a cherché à rendre les étoffes imperméables à l'eau tout en les laissant perméables à l'air ; tous les procédés employés à cet égard consistent à les tremper dans une dissolution d'ACÉTATE D'ALUMINE seul ou mélangé de savon, de colle de poisson, etc.

IMPRESSION SUR ÉTOFFES. On comprend sous cette dénomination l'art d'imprimer ou de peindre mécaniquement tous les genres de tissus avec des couleurs qui résistent au lavage à l'eau et au frottement.

Suivant l'opinion de certains auteurs modernes, l'art d'imprimer les étoffes était déjà connu des peuples de l'antiquité. « Dans l'Inde on savait déjà du temps d'Alexandre, recouvrir les tissus de dessins diversement colorés, et, suivant Hérodote (Livre Ier), les habitants de la mer Caspienne imprimaient sur leurs vêtements des figures de différents animaux à l'aide de mordants, et de couleurs si solides qu'elles duraient autant que l'étoffe elle-même. » (Voir Girardin, 36e *leçon de chimie élémentaire*).

Strabon, rapporte que les Indiens portaient des toiles imprimées (Livre XV de *India*).

Toutefois, les peuples de l'antiquité se bornaient à peindre les étoffes blanches avec divers excipients, puis à les tremper dans un bain de teinture.

Nous rapporterons ici un curieux passage de Pline à ce sujet : « En Égypte, dit-il, on peint jusqu'aux habillements, par un procédé merveilleux. Pour cela, on emploie un tissu blanc sur lequel on applique, non point des couleurs, mais des substances sur lesquelles mordent les couleurs. Les traits ainsi formés sur le tissu ne se voient pas, mais, quand on l'a plongé dans la chaudière de teinture bouillante, on le retire au bout d'un instant chargé de dessins ; et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que, quoique la chaudière ne contienne qu'une seule matière colorante, le tissu prend des nuances diverses, la teinte variant selon la nature de la substance qui s'imprègne de couleur : ces couleurs ne peuvent s'effacer par l'eau. Il est clair que si le tissu était chargé de dessins coloriés quand il entre dans la chaudière, toutes les couleurs seraient brouillées quand on le retirerait. Ici toutes les couleurs se font par une seule immersion ; et il y a en même temps coction et teinture. Le tissu modifié par cette opération est plus solide que s'il ne la subissait pas. » (Pline, liv. XXXV, chap. 61 du tome 20, édition de Panckoucke, 1833).

Les anciens n'ignoraient pas, sans doute, l'art de prendre des empreintes ; mais ils ne paraissent pas avoir employé de semblables procédés pour imprimer les étoffes.

Ce qu'il y a de certain et de bien positif, c'est qu'en 1730, on ne connaissait pas encore en France l'art de fabriquer les toiles de coton, peintes à l'instar de celles des Indes, qui, depuis quelques années seulement, avaient été importées de ce pays et de la Perse, par la compagnie des Indes. Pour s'en convaincre, on peut consulter à la Bibliothèque royale, salle des estampes, la riche collection des étoffes en usage, en France, pendant les années 1720 à 1730. On n'y trouve que des étoffes de soie et de coton, dont les dessins sont peints à la main, avec des couleurs ternes et qui n'ont généralement aucune fixité. Ce ne fut réellement qu'à la fin de l'année 1736 ou vers le commencement de l'année 1737, que Beaulieu, capitaine de vaisseau, décrivit, pour la première fois, les procédés usités dans l'Inde pour fabriquer les toiles peintes. Il avait été chargé par Dufay, membre de l'Académie des sciences, de s'informer de tout ce qui était relatif à la manière de peindre les toiles ; il fit peindre à Pondichéry, par un ouvrier intelligent, une pièce d'étoffe ; il eut le soin de prendre, après chaque opération, un morceau de la pièce, qu'il a rapporté en France, avec des échantillons de toutes les matières qui avaient servi. Beaulieu répéta ces opérations dans le laboratoire de Dufay ; elles réussirent parfaitement. Ce fait est consigné dans un ouvrage fort intéressant, intitulé : *Art de peindre et d'imprimer les toiles en grand et en petit*, *par B...* Paris, 1800 ; mais l'histoire ne nous dit pas si la fabrication des indiennes fut exploitée alors en grand.

En 1742, Le R. P. Cœurdoux fit connaître de nouveau, dans les Lettres édifiantes, tome 26, édit. 1711, les procédés employés alors par les Indiens pour faire les toiles peintes. Ces procédés sont encore aujourd'hui, à peu de chose près, ce qu'ils étaient dans l'antiquité, et l'on peut s'en assurer, en comparant la description donnée par Pline lui-même, avec celle faite par les auteurs modernes.

Voici, du reste, comment on procède aujourd'hui : « Les moutchys (coloristes en toiles) de l'Inde utilisent quelques minéraux impurs ou complexes qui ont beaucoup d'influence sur la fixité de leurs couleurs, et l'analyse de quelques-uns de ces minéraux a été très utile pour les bien apprécier. Ces habiles et patients

ouvriers n'emploient pas des agents chimiques aussi parfaits et aussi nombreux que les nôtres; mais on a reconnu dans le système de leurs opérations des principes qu'il était très utile d'étudier, de suivre et d'appliquer dans notre industrie. Ces coloristes, dont les ouvrages sont admirables, sous quelques rapports, ne paraissent toutefois dirigés dans leurs procédés et dans leurs opérations par aucun principe de la chimie; la pratique, et surtout une patience imperturbable, leur font surmonter tous les obstacles et suppléent à nos mille et une inventions de machines; ils appliquent et pointillent leur mordant à la main avec une espèce de tire-ligne en jonc, garni à l'extrémité d'une petite éponge ou d'un tampon en drap, qui contient la composition, et qu'ils pressent légèrement et à mesure du besoin, etc. Pour faire des fonds mats, ils se servent de plaques en carton convenablement découpées à jour; et ils tamponnent les couleurs avec un gros pinceau, comme le font nos afficheurs; pour faire *les réserves*, ils plaquent toute la pièce de cire, puis ils dessinent dessus en enlevant la cire avec un poinçon de bois dans les endroits qui doivent être teints dans la cuve en bleu, etc., etc. Ils mettent tant d'adresse, de précision, de persévérance dans ces procédés si simples, qu'ils parviennent de même à une grande netteté de dessins dans leurs plus riches tapis. (*Extrait d'un mémoire sur un nouveau procédé de teinture et d'impression, par M. Gonfreville. — Paris*, 1845, *page* 7).

Tout ce que nous pouvons dire à l'égard de l'origine des manufactures de toiles peintes en France, c'est qu'on y imprimait vers l'année 1746 des étoffes coloriées pour la tapisserie, soit à l'aide de planches de bois gravées en relief, soit à l'aide de planches gravées en taille-douce. Les premières fabriques de ce genre furent établies d'abord à Paris, puis à Versailles, à Orange, à Marseille, etc; on n'y employait, toutefois, que des couleurs à l'huile ou à l'eau qui s'altéraient en peu de temps, et ne résistaient pas à une simple immersion dans l'eau.

Les Hollandais, à cette époque, et les fabricants suisses principalement, versaient en France, avec profusion, des toiles peintes en couleurs vives et solides qui diminuaient, dit-on, prodigieusement la consommation et par conséquent l'activité des manufactures de Reims, d'Amiens, Rouen, Lyon, etc. Les historiens nous apprennent même que des réclamations énergiques s'élevèrent alors de tous les points de la France contre la fabrication et l'usage des cotonnades imprimées, qui devaient, disaient les chambres de commerce, ruiner les industries appliquées à la confection des autres tissus. Le gouvernement, pour mettre fin à ces plaintes, prohiba, sous des peines très sévères, l'entrée et l'usage des toiles de coton blanches ou imprimées étrangères. Cette rigueur fut portée si loin que les employés de la ferme étaient autorisés à mettre publiquement en pièces les vêtements de toiles de Suisse dont les femmes étaient parées.

Il n'y avait même que la compagnie des Indes qui pût introduire des toiles de coton blanches, avec certaines conditions et réserves. Mais cette prohibition fut abolie et commuée, par arrêt du 7 septembre 1759, en un droit de 10 p. 100 sur la valeur qui fut bientôt porté à 15 p. 100; et fixé, le 19 juillet 1760, à 90 fr. par quintal pour les toiles blanches, et 150 fr. pour les toiles peintes. Par suite de cet arrêt, l'usage et la fabrication des toiles de coton imprimées furent possibles en France, à cause de la facilité de pouvoir se procurer à l'étranger les tissus de coton blanc qu'on ne fabriquait pas encore d'une manière régulière.

Toutefois, les chambres de commerce protestèrent encore contre cette innovation; mais le gouvernement fut sourd à toutes les plaintes, et il prit le meilleur parti, celui de protéger les manufactures de toiles peintes, et de leur donner une consistance réelle par des encouragements soutenus. Déjà il avait envoyé en Angleterre, en 1751, un agent spécialement chargé de rechercher les meilleures méthodes de fabrication; et c'est quelques années après, que le nommé Cabanes, Anglais, créa, en vertu d'un arrêt du Conseil, une fabrique d'impression sur coton, dans les cours de l'Arsenal. Mais il paraît bien démontré que Cabanes était peu initié aux secrets de fixer les couleurs sur le coton; et B... dit dans son traité, page IX : « J'ai aussi des échantillons des premières productions d'un établissement formé à Paris en 1754, par deux négociants nommés Cottin et Cabanes; on ne pourrait jamais croire qu'un tel barbouillage ait pu porter le nom de toiles peintes. »

Cet auteur avait dit, précédemment, en parlant des échantillons de toiles peintes, apportés d'Angleterre et remis au gouvernement en 1751 : « J'ai été autant frappé de la beauté des couleurs que de l'exécution du dessin : des fabriques très accréditées s'en feraient honneur aujourd'hui. »

Un pareil témoignage prouve suffisamment que les Anglais l'emportaient alors sur nous dans l'art d'imprimer les étoffes, par l'exécution du dessin et la beauté des couleurs qu'ils fixaient sur le coton. Mais aujourd'hui c'est bien différent; nos manufacturiers ont fait un grand pas, sous le rapport du fini du travail et de la régularité des opérations mécaniques. Les couleurs de nos étoffes sont belles et solides; et nous pouvons même ajouter, sans crainte d'être accusés de trop d'orgueil national, que nous l'emportons sur nos voisins par le goût et la création des choses nouvelles.

C'est aux savants coloristes et aux artistes de nos manufactures que l'art de la fabrication des impressions sur étoffes doit les immenses progrès qu'elle a faits depuis 40 ans. C'est à Berthollet, à Chaptal, à M. Chevreul particulièrement, que l'on doit les observations les plus curieuses et les plus essentielles dans l'art d'imprimer les étoffes. C'est à M. Chevreul enfin, que l'on doit d'avoir expliqué le rôle que jouent les agents chimiques et la vapeur dans les opérations qui ont pour but de fixer les matières colorantes sur les tissus.

Les étrangers eux-mêmes reconnaissent notre supériorité sur ce point; et l'Anglais Home, dans son *Histoire du commerce*, s'exprime ainsi : « C'est à l'Académie des sciences que les Français doivent la supériorité qu'ils ont dans les arts, et surtout dans celui de la teinture. »

Il paraît bien prouvé par les écrits des écrivains de l'époque, qu'en 1750, on imprimait déjà en Angleterre beaucoup de toile de fil et coton. Ces toiles étaient fabriquées à Manchester, comme elles le sont encore aujourd'hui. On évaluait, à cette époque, à près de cent cinquante mille le nombre de pièces que l'on y faisait annuellement. Ces pièces étaient envoyées en écru à Londres, et elles étaient blanchies et imprimées dans ses environs. Les historiens nous apprennent aussi qu'en Angleterre, comme en France, les tisserands en soie, en laine et en fil de lin, manifestèrent l'opposition la plus vive contre l'usage des toiles imprimées, soit importées de l'étranger, soit faites dans le pays.

Ainsi, dès l'année 1680, les ouvriers tisserands pillèrent la maison de la compagnie des Indes, pour se venger, disaient-ils, des importations qu'elle avait faites de plusieurs milliers de pièces d'indiennes. Ils amenèrent ensuite le gouvernement, par des demandes incessantes, à exclure complétement des marchés anglais tous les tissus de coton imprimés pour robes et ameublement. Néanmoins, les indiennes furent toujours importées, en vertu d'un privilége, par la compagnie des Indes orientales; et, à l'abri de ce privilége, la majeure partie des toiles entraient en contrebande, malgré les peines excessives auxquelles

étaient exposés les contrebandiers ou importateurs. Cette contrebande suffit pour susciter l'alarme parmi la population manufacturière de Spitalfields ; et les hommes d'état d'alors intimidés, disent les auteurs anglais, par la population turbulente de la partie Est de Londres, rendirent, en 1720, une loi absurde, et qui défendait de porter toutes sortes d'indiennes quelle que fût leur origine. Cet édit sévère força les manufacturiers en ce genre de fermer immédiatement leurs établissements ; et des milliers de personnes furent jetées sur le pavé, presque sans asile et sans pain.

En 1730, enfin, cet arrêt du parlement fut aboli par des législateurs un peu plus sages et qui permirent la fabrication des toiles dites *calicots britanniques*, mais les toiles imprimées devaient être formées de fil de chanvre et de coton, et payer une taxe de 60 centimes par mètre carré. Il est facile de présumer qu'avec une pareille taxe et le régime rigoureux des vérifications des commis de l'accise pour asseoir cette taxe, la fabrication des impressions sur calicot, en Angleterre, ne pouvait faire des progrès bien rapides ; aussi 50,000 pièces à peine de cette étoffe mixte furent-elles imprimées dans tout le royaume de la Grande-Bretagne pendant l'année 1750, principalement dans le voisinage de Londres. En 1840, la seule manufacture de M. Toast, à Manchester, produisait près de vingt fois cette quantité, et il y a même plusieurs manufactures qui produisent aujourd'hui plusieurs centaines de mille de pieces dans le cours d'une année.

Ce n'est qu'en 1766, que cette industrie fut portée dans le Lancashire, où elle a pris depuis cette époque un développement extraordinaire. Après l'année 1774, elle commença à s'étendre et à grandir beaucoup par suite de l'abolition d'une grande partie de l'arrêt de 1730, qui exigeait le mélange du fil avec le coton dans la fabrication des toiles. Depuis cette époque seulement, les imprimeurs de calicot ont fait des affaires immenses et productives, quoique forcés d'acquitter une taxe de 30 centimes par mètre carré, taxe qui était restituée, du reste, à la sortie des marchandises du royaume, sous le nom de *drawback*.

Les fabricants commencèrent alors à imprimer sur le coton seul des couleurs plus riches, plus vives et plus solides, tandis qu'autrefois ils étaient forcés d'imprimer sur des tissus de fil et de coton mélangés, et qui différaient essentiellement dans leurs affinités réciproques pour les principes colorants.

C'est aussi par suite de l'abolition de la prohibition en France que la manufacture de Jouy, près de Versailles, fut créée, en 1759, par le célèbre Oberkampf, d'origine suisse, dessinateur, coloriste et imprimeur chez Cabanes ; et presqu'en même temps, Frey, de Genève, et Abraham Pourchet, de Bolbec, fondèrent une fabrique d'indienne à Bondeville, près de Rouen. Plus tard, Pierre Roger éleva une fabrique à Deville ; Maromme, Bapaume, Darnetal et Bolbec, possédèrent ensuite des manufactures d'indiennes; mais, il faut le dire, presque toutes les entreprises en ce genre ont été dirigées par des étrangers.

Bonvalet fut le premier qui imprima des étoffes de laine en relief, à Amiens, vers l'année 1755. Il fut le seul pendant longtemps qui exerça cet art avec une rare perfection (Voir l'Art de préparer et d'imprimer les étoffes en laine, par Roland de la Platrière, et l'Art du fabricant de velours de coton, par le même). Cette réputation d'habileté s'est conservée jusqu'à ce jour dans la famille Bonvalet ; l'arrière petit-fils, qui exploite aujourd'hui l'industrie de son aïeul, est encore celui qui a le plus perfectionné la pratique : c'est de lui que nous tenons la composition des couleurs pour l'impression en relief sur les étoffes de laine et sur le velours de coton.

En 1760, Massac et MM. Lemarcis frères établirent à Bolbec une manufacture d'étoffes de laine imprimée dite *gaufrée* ; on n'y employait que des ouvriers allemands, hollandais, suisses ou génevois.

Roland de la Platriere prétend que MM. Lemarcis apportèrent d'Angleterre les premiers outils et ustensiles, la composition de quelques couleurs, les secrets enfin d'imprimer les étoffes de laine ; mais tout prouve, au contraire, que Bonvalet avait trouvé et exploité ces secrets plusieurs années auparavant.

Au reste, la fabrication des étoffes unies et gaufrées remonte à une époque déjà ancienne, comme le prouvent les fragments d'étoffes de ce genre trouvées dans les fouilles de deux tombeaux de l'église de Saint-Germain-des-Prés (voir *Mémoire* de Desmarest, inséré dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 2[me] semestre de 1806, page 119).

Nous ne pouvons entrer ici dans l'histoire de toutes les machines et inventions qui se sont accumulées surtout depuis le commencement de ce siècle. C'est aussi à partir de cette époque qu'on a commencé à introduire dans les fabrications l'usage des matières minérales pour colorer les tissus, ainsi que l'emploi des machines cylindriques, et de celles dites *à planche plate*, pour imprimer les tissus ou indiennes. Mais, parmi les fabricants du siècle dernier qui ont laissé la réputation la plus glorieuse, par la hardiesse et la constance dans les entreprises, nous devons citer au premier rang le célèbre Oberkampf, qui a porté les procédés du garançage sur les toiles de coton au plus haut degré de splendeur, et l'infatigable Bonvalet, qui a inventé un grand nombre d'ingénieuses machines à imprimer et apprêter les étoffes.

Quant aux savants technologues, dont les travaux et les écrits ont contribué puissamment à répandre et accréditer les meilleurs procédés de fabrications, dans les ouvrages desquels on trouvera la description de tous les essais qui ont amené cette industrie à son état actuel, nous donnerons la liste de leurs ouvrages, suivant la date où ils ont paru. Nous engageons nos lecteurs à les consulter.

Mémoires de Dufay, sur la Teinture, p. 244, t. VIII ; p. 319, t. IX de l'Histoire de l'Académie. Paris. 1737- 1738

Lettres du R. P. Cœurdoux, sur la Fabrication des Toiles peintes des Indes ; t. XXVI des Lettres édifiantes, p. 172. Paris. 1742

Traité des Toiles peintes, par Q. Paris. 1760

Dictionnaire raisonné des Arts et Métiers, de l'abbé Jaubert, art. Toiles peintes. Paris. 1766

Art de faire les Toiles peintes à l'instar d'Angleterre, par Delormois. Paris. 1770

Encyclopédie pratique, par le chevalier de W. Liége. 1772

L'Art de la Teinture des fils et Etoffes de coton, par Lepileur d'Apligny. Paris. 1776

Article Toile peinte du Dictionnaire encyclopédique. Paris. 1778

L'Art de préparer et d'imprimer les Etoffes de laine, par Roland de la Platrière. 1780

L'Art du Fabricant de Velours, suivi d'un Traité de la Teinture et de l'Impression des toiles, par le même. 1780

Instruction sur l'usage et l'emploi du Quercitron dans la teinture et les imprimeries d'indiennes, par Edouard Banchroff, traduite en français, et insérée dans les Annales des Arts et Manufactures, t. XII, p. 18, 131, en 1805. 1785

Essai sur l'Art de la Teinture, par Scheffer. Paris. 1787

Mémoire sur l'Indigo, par Hausmann, Journal de Physique. Paris. 1788

Théorie de la Teinture, par Hausmann, Annales de Chimie, t. VII, p. 237. 1790

Eléments de l'Art de la Teinture, par Berthollet. 1791
Art du Blanchiment des toiles, fils et cotons, par Pajot-des-Charmes. Paris. 1798
Note de Rupp, sur le Blanchiment des Toiles de coton, publiée dans les Mémoires de la Société de Manchester en 1798, et mentionnée dans les Annales des Arts et Manufactures, t. I. 1799
Cours théorique et pratique sur l'Art de la Teinture et de la Fabrication des indiennes, par Homassel. 1799
Art de Peindre et d'Imprimer les toi es, par Goery. 1800
Art de Peindre et d'Imprimer les Indiennes, par B. 1800
Mémoires sur l'Art du Teinturier-Dégraisseur, par Chaptal, t. VI des Mémoires de l'Académie des Sciences. 1800
Mémoire sur un procédé pour le Blanchiment qui vient du Levant, par le même; Annales des Arts et Manufactures, t. VI, p. 68. 1801
Observation de Henry, sur la Nature de la laine, de la soie et des cotons, comme objets de teinture; Annales des Arts et Manufactures, t. III, p. 260; suite du même Mémoire, t. IV, p. 31. 1801
Procédés pour la composition d'un Apprêt et d'une gomme à l'usage des fabricants, article par O'Reilly; même volume, p. 84. 1801
Article d'O'Reilly, sur une nouvelle Méthode de blanchir la laine et la soie par l'acide sulfureux; Annales des Arts et Manufactures, t. IV, p. 61. 1801
Observations sur le Garançage et le rouge d'Andrinople, par Hausmann; même ouvrage, t. VII. p. 240, 1802; même ouvrage, t. XVI p. 178. 1803
Essais chimiques de Parkes et de Martin, traduits en français par Delaunay. Paris. 1820
Cours élémentaire de teinture, par Vitalis. 1823
Article Impression des toiles, par Em. Molard; dans le Dictionnaire technologique. 1827
Traité complet de la Préparation et de l'Emploi des matières tinctoriales, par Leuchs, traduit en français par Peclet. 1829
Manuel du Fabricant d'étoffes imprimées, par Séb. Lenormand. 1830
Manuel du Fabricant d'indiennes, par Thillaye. 1834
Cours de Chimie appliquée à la Teinture, par M. Chevreul. 1834
Leçons de Chimie élémentaire, par Girardin, 1re édit., xx; 2e édit., p. 519 et suivantes. 1836
Recherches sur la Teinture, par M. Chevreul; Mémoires lus à l'Académie des Sciences, 4 janvier, 21 mars 1836; 27 janvier, 17 août, 16 juillet. 1838
Sur la Nature et les Causes des taches qui se produisent sur les étoffes de laine pendant qu'on les fixe, par le même; Mémoire lu à l'Académie des Sciences, le 26 décembre 1837
Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Rouen, années 1807, 1808, 1810, 1812, 1814, 1816, 1831, 1835, 1840, 1841

Enfin, indépendamment des bulletins des sociétés savantes, le Traité de l'impression des étoffes de M. Persoz paru depuis la première publication de cet article.

ÉTABLISSEMENT D'UNE FABRIQUE D'ÉTOFFES IMPRIMÉES.

Il nous semble naturel de parler d'abord de la disposition des bâtiments qui constituent une grande et belle fabrique, de l'agencement des appareils nécessaires pour imprimer, etc. Nous citerons comme un excellent

IMPRESSION SUR ÉTOFFES.

modèle à imiter, sous tous les rapports, la manufacture fondée à Puteaux par M. Léon Godefroy.

Cette manufacture est située sur le bord de la Seine, dont elle n'est séparée que par la grande route départementale : elle se compose d'un grand bâtiment principal, exposé au midi, et divisé en trois étages qui sont éclairés des deux côtés.

Le rez-de-chaussée se compose, savoir:

1° D'un vestibule à droite, en entrant, par lequel on communique dans les bureaux. On monte aux étages supérieurs par un grand escalier.

2° D'un magasin où sont renfermées sous clefs les diverses planches gravées de la saison.

3° D'un couloir à gauche qui conduit à l'atelier des graveurs, au magasin d'entrée des marchandises et à celui des marchandises fabriquées.

4° D'un grand atelier de plain-pied où sont rangées, sur une seule ligne droite, cinq machines à imprimer, dites *Perrotines*; une machine à imprimer les mouchoirs d'un seul coup de presse, de l'invention de M. Henri Herlensder, mécanicien français; deux machines à plier et enrouler les pièces; une machine à cylindrer; trois machines à imprimer au rouleau.

5° D'un magasin où sont renfermés les rouleaux gravés.

6° D'une pièce de réserve pour les couleurs à imprimer au rouleau.

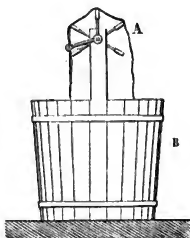
7° La pièce où est placée la machine à vapeur.

Chaque étage supérieur renferme une double rangée de 25 tables d'imprimeurs; en outre, un passage dans le milieu; à l'une des extrémités de chaque atelier est placé le cabinet où le chef des imprimeurs réserve toutes les étoffes à distribuer aux ouvriers, ainsi que les gravures et ustensiles pour imprimer; à l'autre extrémité est un atelier de menuisiers, et à la suite, celui des ouvrières chargées d'enrouler, de plier les étoffes, de visiter et de raccommoder les doubliers. etc.

Dans une pièce située au premier étage, on conserve, pendant le temps voulu, les étoffes imprimées, soit avant, soit après le fixage.

Le grenier est disposé, dans toute la longueur de la fabrique, pour sécher les étoffes à l'aide de tuyaux chauffés par la vapeur perdue de la machine, et cette vapeur chauffe encore tous les ateliers pendant l'hiver.

En face du bâtiment principal, et sur le retour d'équerre, se trouvent deux constructions simples, et qui réunissent, sous le même toit : 1° le magasin des drogues et des matières colorantes brutes; 2° le cabinet et le laboratoire des chimistes-coloristes; 3° la cuisine pour la préparation des couleurs; 4° le magasin des couleurs préparées; 5° le petit lavoir pour laver les châssis et les brosses des imprimeurs; 6° la pilerie mécanique pour la gomme, et les matières tinc-



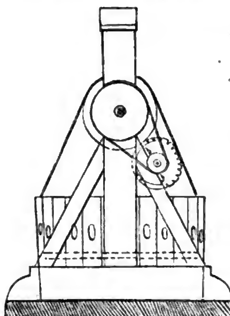
1244.

toriales ; 7° le laboratoire, pour les préparations du garançage et des bains propres à blanchir les toiles, et à aviver les couleurs, etc.; 8° le grand lavoir formé d'une petite rivière factice, creusée dans le sol et alimentée par les eaux de la Seine, qui y sont amenées et renouvelées sans cesse, à l'aide d'un système hydraulique mis en mouvement par la machine à vapeur de l'établissement. Sur cette rivière sont disposés, en ligne droite et à des distances convenables pour ne pas gêner la circulation, les divers appareils pour garancer, nettoyer et laver les étoffes, savoir :

1° Quatre cuves en bois, pour garancer les étoffes.

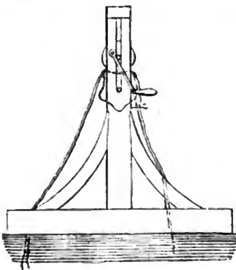
2° Dix baquets munis chacun de leurs trinquets ; fig. 1244, et destinés à nettoyer, lessiver, blanchir les étoffes, et à aviver les couleurs, etc.

3° Machine ou rouleau à laver les étoffes imprimées avec un cylindre cannelé dit *d'appel*, qui tourne plus vite que le gros cylindre, pour attirer plus promptement l'étoffe qui trempe dans un baquet à double fond rempli d'eau. Cette eau arrive continuellement par un orifice placé à la partie inférieure de la cuve (fig. 1245).



1245.

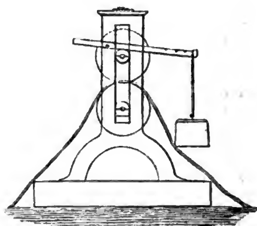
4° Deux trinquets en bois montés sur un bâti, servant à laver et à rincer les étoffes imprimées dans la rivière elle-même.



1246.

5° Sautoir pour dégorger les doubliers, etc. Il est formé de deux rouleaux cylindriques (fig. 1246) ; le rouleau inférieur est cannelé, et celui supérieur peut s'élever et s'abaisser suivant le mouvement du rouleau cannelé. Du reste, il est maintenu dans la position horizontale au moyen de ses axes qui glissent dans deux rainures pratiquées dans les montants parallèles du bâti.

6° Machine ou foulard à essorer pour extraire l'eau des pièces. Cette machine est formée de deux cylindres comprimeurs en bois ou en fonte de fer (fig. 1247), et recouverts d'une toile roulée plusieurs fois sur elle-même. Chaque axe du rouleau supérieur est pressé par un levier auquel sont accrochés des poids très pesants et variables à volonté. En avant et arrière de cette machine sont placées deux tables, dont l'une sert à placer les pièces mouillées, et l'autre à les recevoir lorsqu'elles ont été pressées.



1247.

7° Machine à débouillir ou à dégorger les étoffes. Cette machine se compose de deux gros cylindres en bois, entre lesquels passe et repasse l'étoffe qui trempe continuellement dans un bassin alcalin ou savonneux, chauffé par la vapeur.

8° Roue à laver, ou dash-wheel, semblable à celle qui est représentée fig. 216.

9° Machine à essorer de M. Laubereau, voir figure 807.

Le mouvement est communiqué à toutes ces machines par le moteur de l'établissement.

Dans le bâtiment construit en retour d'équerre sont placés, au rez-de-chaussée, le générateur à vapeur et les deux cuves à fixer les couleurs imprimées. Ces cuves, qui sont à double fond et à doubles parois, sont posées sur des bâtis en bois à 1 mètre 1/2 au-dessus du sol.

L'une de ces cuves, qui est légèrement conique, a 1 mètre 20 cent. de diamètre à sa partie supérieure, et 3 mètres de hauteur.

Les dimensions de l'autre cuve qui est carrée sont :

profondeur.	3 mètres.
largeur.	1m,50.
longueur.	2m,50.

Les cadres et les autres appareils servant à enrouler et à fixer les pièces sont placés à l'étage supérieur.

En face l'atelier de fixage, on voit trois vastes bâtiments construits en forme d'un ⊏ renversé, et qui laissent entre eux un grand espace libre qui sert à étendre et à faire sécher les étoffes à l'air, pendant la saison d'été ; le plus petit bâtiment est l'atelier de

IMPRESSION SUR ÉTOFFES.

teinture; l'autre est un grand séchoir méthodique, chauffé par un calorifère de M. René Duvoir; et le troisième enfin, qui est chauffé aussi par un calorifère, sert de chambre chaude pour sécher les pièces pendant l'hiver ou dans les temps humides. Entre ces deux derniers bâtiments, il existe un hangar dont la toiture est élevée de 8 mètres au-dessus du niveau du sol, et qui sert à étendre encore les pièces imprimées pour les faire sécher à l'air. A cet effet, un plancher ou étendage à claire-voie est placé à la partie supérieure du bâtiment et un peu au-dessous du toit, de manière qu'on peut marcher dessus sans se baisser. On monte sur ce plancher, par un escalier en bois qui conduit en même temps à l'étendage disposé à la partie supérieure du grand séchoir. Cet étendage consiste en des traverses en bois, carrées, écartées les unes des autres de 10 centimètres environ, et placées en forme de gril. Les pièces d'étoffes sont suspendues sur ces traverses en formant plusieurs zones qui occupent presque toute la hauteur du séchoir jusqu'à l'étendage.

Derrière et parallèlement au grand séchoir, est l'atelier de teinture et d'avivage du bleu faïence sur mouchoirs de batiste.

Cet atelier est garni de quatre cuves en bois contenant chacune les bains nécessaires pour opérer cette méthode de teinture, des cadres pour teindre et travailler les pièces dans les bains, et d'une grande cuve munie d'un trinquet pour laver les pièces.

A côté de cet atelier est une pièce un peu humide dans laquelle on étend les étoffes imprimées en bleu de France, afin de les faire monter en couleur et prendre la teinte convenable.

Avant d'arriver à la fabrique est une belle prairie sur laquelle on étend, quand le temps le permet, les batistes et mouchoirs imprimés pour les blanchir.

Nous passons sous silence une foule de petits détails qui, quoique bien intéressants sans doute, nous mèneraient trop loin.

THÉORIE DE L'ART DE L'IMPRESSION. Tout le monde sait que l'art d'imprimer les étoffes, en général, consiste à appliquer directement, à l'aide de planches gravées en creux ou en relief, et par des procédés manuels ou mécaniques, des couleurs spéciales, qu'on fixe ensuite par des procédés chimiques particuliers.

On voit donc que l'art de l'impression se compose de trois éléments bien distincts.

1° De la préparation des couleurs ou composés chimiques qui sont destinés à produire les dessins coloriés et inaltérables;

2° De la disposition des dessins, de la gravure, des planches ou cylindres, à l'aide desquels on applique les couleurs;

3° Enfin, de l'emploi des machines et procédés manuels qui permettent d'imprimer vite, bien et à bon marché.

L'élément le plus essentiel, celui tout à fait spécial au fabricant d'étoffes imprimées est, sans contredit, la préparation des couleurs qu'on n'achète pas dans le commerce, tandis qu'on trouve partout des graveurs et des machines d'impression plus ou moins parfaites. Aussi, l'imprimeur sur étoffes doit-il posséder non seulement la théorie, mais encore la pratique de la composition des couleurs. A défaut de cette connaissance spéciale, il est forcé d'avoir recours à un coloriste en chef qui dirige la préparation et la mixtion des couleurs, et qui a soin bien souvent de lui cacher la proportion de la plupart des composés qu'il emploie.

PRÉPARATION ET EMPLOI DES AGENTS CHIMIQUES.

Produits qu'on achète tout faits dans le commerce.

Acide sulfurique, ordinaire, employé dans les opérations du blanchiment et pour opérer les avivages.

Acide sulfurique fumant, dit de Nordhausen, ou de Saxe, pour dissoudre l'indigo.

— sulfureux, comme agent de blanchiment.

— nitrique, pour faire les dissolutions de fer et d'étain.

— hydrochlorique, pour faire la dissolution d'étain, le bain de physique, étant mélangé avec l'acide nitrique.

— arsénieux, pour composer un vert sur tissus de coton, dit vert de Scheele.

— chrômique, pour rongeant sur coton, et principalement pour les enlevages sur fond bleu indigo.

— acétique, employé dans la composition de tous les mordants de rouge sur les toiles de coton.

— oxalique, employé comme mordant ou agent de certaines couleurs sur laine; et lorsqu'il est uni à l'acide tartrique, comme rongeant sur coton.

— tartrique, employé comme l'acide oxalique, et souvent avec lui, comme mordant.

— citrique, pour rongeant sur calicot et certaines couleurs sur soie fixées par la vapeur.

Ammoniaque, pour dissoudre la cochenille et faire virer l'orseille sur laine.

Hydrochlorate d'ammoniaque (sel ammoniac), il entre dans la composition de quelques couleurs d'application sur laine, sur soie, tissus avec chaîne en coton, et principalement dans la composition du bleu de France sur laine (recette Petit).

Chlore, employé principalement pour le blanchiment du coton, pour faire le deutochlorure d'étain et le prussiate rouge, base du bleu de France.

Chlorure de chaux, pour blanchir les toiles de coton.

Chlorure de soude pour blanchir le coton après le garançage.

Acétate d'alumine, employé comme mordant, et quelquefois en gelée, pour fixer le bleu de Prusse soluble sur coton.

Sulfate d'alumine et de potasse (alun), sert pour la préparation des mordants sur coton.

Nitrate d'alumine, comme mordant des couleurs sur tissus de soie, genre vapeur, et foulards garancés.

Chaux grasse, sert pour le collage des bois lorsqu'elle est mélangée avec une certaine quantité de caseum, et pour la préparation des cuves d'indigo.

Carbonate de chaux (craie), employé quelquefois dans les opérations du garançage.

Potasse, en solution dans l'eau forme la lessive de potasse qui sert au blanchiment des toiles de coton et de fil.

Sous-carbonate de potasse, que l'on rencontre et vend, dans le commerce, sous la dénomination de potasse, ou de cendre gravelée (produit de la combustion des lies de vin). Il sert dans la composition de la couleur orangé sur coton, genre vapeur.

Arséniate acide de potasse, mordant pour le vert de Scheele, sur coton.

Arsénite de potasse, pour les couleurs d'impressions à fond sur coton.

Chrômate de potasse, sert beaucoup, soit pour la composition d'un jaune sur coton, soit pour la préparation du chrômate de plomb, soit pour l'avivage du bleu de France, des couleurs au cachou et de certaines couleurs vaporisées.

Bi-chrômate de potasse, s'emploie comme le chrômate jaune, et pour la préparation d'un vert bon teint sur coton.

Acétate de potasse, entre dans la composition d'un mordant rouge.

Bi-oxalate de potasse (sel d'oseille), entre dans la composition de quelques couleurs sur laine, comme rouge à la cochenille.

Bi-tartrate de potasse (crème de tartre), est employé dans la préparation de quelques rongeants sur

coton, et dans la composition de quelques couleurs sur laine (genre vapeur).

Prussiate de potasse, employé pour produire des impressions bleues sur les tissus de laine et de soie, en saturant la potasse par l'acide tartrique ou oxalique, et une petite addition d'acide sulfurique.

Soude, sous-carbonate de soude pour dégraisser et blanchir les étoffes de laine, etc., etc., et comme agent de saturation.

Bi-carbonate de soude, il est employé comme agent de saturation pour les mordants dans le garançage.

Zinc, pour obtenir des solutions déliquescentes.

Fer neuf, réduit en rognures ou rubans, est employé pour préparer les sels de fer qui constituent les bases et les mordants d'une infinité de couleurs sur coton et sur tissus de laine.

Proto-sulfate de fer. Il sert généralement à monter les cuves de bleu, celles de bleu faïence, le bain de chamois et de rouille pour la teinture des cotons, batistes, etc. Il n'est employé dans l'impression que pour les couleurs d'application sur coton.

Peroxyde de fer, pour couleurs solitaires sur coton.

Bleu de Prusse; est remplacé généralement par le prussiate rouge de potasse.

Étain, réduit en copeaux ou rubans, pour former le sel d'étain, ou la dissolution d'étain, etc.

Proto-chlorure d'étain (muriate d'étain), employé soit comme rongeant sur les fonds produits par le peroxyde de manganèse et le peroxyde de fer sur coton, soit comme mordant sur laine, soit comme principe désoxygénant du bleu indigo bon teint sur coton, et comme mordant du bleu de Prusse.

Deuto-chlorure d'étain (oxy-muriate d'étain), fréquemment employé dans la composition des couleurs sur laine et sur coton.

Sulfate de cuivre, fréquemment employé dans la préparation des couleurs sur tissus de laine, de coton et de soie (genre vapeur). C'est lui qui forme la base des réserves sur coton.

Nitrate de cuivre, on l'emploie dans les mêmes conditions que le sulfate de cuivre.

Acétate de cuivre (verdet cristallisé), il sert souvent dans la composition des réserves sur coton, et principalement dans la préparation des couleurs avec les bois (genre vapeur), sur laine et sur coton.

Nitrate de plomb, bon pour mordant du jaune de chrôme sur coton.

Sous-nitrate de plomb, pour être employé dans les réserves jaunes de chrôme sur coton.

Chrômate de plomb, pour faire une couleur jaune sur coton, dite jaune de chrôme, et pour rongeant jaune sur coton.

Sous-chrômate de plomb, il sert principalement pour la couleur orangée d'application sur un fond solitaire par le manganèse, ainsi que pour produire des fonds unis, des réserves et impressions sur coton. Toutefois, on le remplace avantageusement par le sous-acétate de plomb et par une dissolution de chrômate de potasse.

Acétate de plomb; il sert pour composer le mordant de rouge et pour toutes les décompositions où l'on veut obtenir des acétates.

Deuto-chlorure de mercure, employé avec l'hydriodate ioduré de potasse, pour obtenir l'iodure de mercure comme couleur d'application sur coton.

Sulfate ou Chlorure de manganèse pour les couleurs solitaires ou bronzes sur coton.

Sel anglais ou Sel pour rose, composé de 2 parties de deuto-chlorure d'étain et de 1 partie de sel ammoniac. Ce sel entre dans la composition du bleu de France sur laine et lui donne le ton violeté.

COMPOSITIONS CHIMIQUES QUE L'ON FAIT GÉNÉRALEMENT DANS LA FABRIQUE.

Nitrate de fer, employé comme mordant sur laine; il s'obtient en dissolvant peu à peu dans de l'acide nitrique à 36°, autant de rognures de fer neuf, qu'il pourra en dissoudre dans l'espace de 24 heures; cette dissolution exige des précautions. A cet effet on met l'acide nitrique dans un vase de grès d'une grandeur plus que suffisante, et on le place en plein air; ensuite on y met quelques morceaux bien propres de fer; on attend pour ajouter d'autres rognures que les premières soient presque entièrement dissoutes et ainsi de suite; lorsqu'on s'aperçoit au bout de quelques heures que la dissolution commence à être saturée, ce qui arrive, lorsqu'elle ne peut plus dissoudre le fer, on en ajoute encore une grande quantité et on en abandonne la dissolution à elle-même jusqu'au lendemain.

On examine avec attention la dissolution; et si on voit qu'elle ne dégage plus de bulles, on la retire immédiatement de dessus le fer; si on la laissait plus longtemps, elle se prendrait en masse et deviendrait d'une couleur rouille; alors elle serait mauvaise, et il faudrait la jeter. Mais tant qu'il se dégage des bulles, il faut laisser la dissolution sur le fer; si on la retirait avant elle ne serait pas saturée; et l'excès d'acide qu'elle contiendrait empêcherait la couleur de se fixer sur l'étoffe. Il faut que la dissolution soit d'une belle couleur brune et transparente comme du sirop.

Chlorure de zinc. Employé dans la composition d'une couleur puce sur Thibet, et dans l'impression sur coton pour attirer l'humidité de l'air et pour faciliter la combinaison du mordant sur l'étoffe. On le prépare en faisant dissoudre dans l'acide hydrochlorique autant de zinc que possible, comme nous l'avons indiqué pour la préparation du nitrate de fer. Il pèse 55° à l'aréomètre.

Proto-chlorure d'étain. Entre comme mordant dans la préparation des couleurs, et comme rongeant sur les fonds solitaires et bronzes produits par le chlorure de manganèse et le peroxyde de fer.

Ce sel est obtenu en dissolvant 500 gram d'étain raffiné dans 1 kil. 1/2 d'acide hydrochlorique à 22°; à cet effet, on met du sable dans une terrine de terre; et dans le sable on place un ballon en verre dans lequel on introduit d'abord l'étain; et on verse par dessus l'acide hydrochlorique. On met ensuite la terrine sur un feu de charbon de bois et on chauffe jusqu'à ce que tout l'étain soit dissous; après cela on laisse refroidir et reposer le liquide. On soutire le clair qui doit peser de 50 à 55°.

Deuto-chlorure d'étain liquide, dissolution d'étain dans l'eau régale, pour les avivages des couleurs garancées, et comme mordant des couleurs.

On le prépare en mêlant ensemble 8 kil. acide hydrochlorique à 22° et 4 kil. acide nitrique, puis y faisant dissoudre peu à peu 4 kil. étain jusqu'à parfaite saturation; on conserve cette dissolution dans des vases fermés.

Autre préparation employée à Lyon comme mordant sur tissus de soie. On prend 4 kil. acide nitrique, 500 gram. eau, dans laquelle on fait dissoudre 500 grammes sel marin ou sel ammoniac; on mêle le tout ensemble; et on y fait dissoudre lentement 4 kil. étain réduit en lames ou rubans.

Cette préparation est la plus ancienne, mais la première vaut mieux sur tissus de laine.

Autre préparation employée comme mordant sur les étoffes de coton (genre vapeur).

4 kil. acide hydrochlorique, 2 kil. acide nitrique, 2 kil. sel d'étain que l'on fait dissoudre peu à peu. On laisse reposer jusqu'au lendemain et on tire le clair; on étend ensuite cette dissolution avec de l'eau jusqu'à la force de 5 degrés. On fait tremper les pièces dans cette dissolution pendant 1/2 heure, on les lave bien, et on les passe ensuite dans un bain de sous-carbonate de soude à 2 degrés pendant 1/4 d'heure, on lave et on fait sècher.

Sulfate d'indigo. Dans 3 kil. acide sulfurique, dit de Nordhausen, on fait dissoudre peu à peu 1 kil. indigo réduit en poudre fine dans un vase fermé. Cette opération doit durer au moins 4 heures. Il ne faut pas que cette dissolution s'échauffe beaucoup, parce qu'on brûlerait l'indigo; il est nécessaire cependant qu'elle s'opère à la température de 25 à 30° du thermomètre centigrade; en effet, si l'on opérait à une chaleur trop basse l'indigo ne se dissoudrait pas.

Acétate d'indigo. 2 litres eau chaude dans laquelle on fait fondre 1 kil. acétate de plomb, 625 gram. sulfate d'indigo; on brasse ce mélange pendant 12 heures et on le laisse reposer; puis on tire le clair qui forme l'acétate d'indigo. Il doit peser 15°.

Lessive caustique. Faites bouillir pendant un quart d'heure 500 gram. potasse du commerce et 250 gram. chaux vive dans 2 litres eau; laissez déposer et tirez le clair, ajoutez ensuite la quantité d'eau nécessaire afin que le liquide ne pèse qu'un degré à l'aréomètre.

Eau de gomme. Dans 2 litres eau, on fait fondre 1k,500 gomme du Sénégal.

Bain d'acide sulfurique à 1° ou 1° 1/2 pour aviver les couleurs (genre garancé sur soie).

MATIÈRES COLORANTES PRÉPARÉES QU'ON ACHÈTE ORDINAIREMENT DANS LE COMMERCE.

Extraits de bois de Campêche, ou de bois d'Inde;
Extraits de bois de Brésil ou de Fernambouc;
Extrait de bois de Sainte-Marthe, ou de Nicaragua;
Extrait de bois de Cuba,
Extrait de bois jaune;
Extrait de quercitron;
Orseille et extrait d'orseille;
Cochenille ammoniacale.

PRÉPARATION DES PRINCIPAUX BAINS OU DÉCOCTIONS DE MATIÈRES COLORANTES.

Bains de Campêche, ou de bois d'Inde. 9 kilos bois de campêche, réduit en minces copeaux, que l'on fait bouillir à trois reprises différentes, pendant une demi-heure chaque fois, dans une quantité d'eau suffisante; on réunit ensuite les trois décoctions que l'on fait évaporer, pour les réduire à 10 litres.

Le bain froid devra avoir une densité de 3° à l'aréomètre de Beaumé.

Bain de Campêche pour noir. (Recette anglaise). 35 kilog. bois de campêche en copeaux; 2 kil. 1/2 noix de galle pulvérisée; 25 seaux d'eau; faites bouillir à trois reprises différentes, et réduisez la décoction à 50 litres.

Bain de graine de Perse. — 1 kil. graine de Perse, et la quantité d'eau suffisante pour retirer, après trois bouillons, et après évaporation, 4 litres de bain colorant.

Autre bain pour tissus de laine avec chaîne en coton. — 5 kil. graine de Perse que l'on fait bouillir à trois reprises pendant une demi-heure chaque fois, avec 5 litres acétate d'alumine à 12° et 8 litres eau; réduire les trois bains par évaporation à 10 ou 11 litres qui doivent peser 14 à 15°.

Bain de quercitron. — 1 kil. de quercitron, et la quantité d'eau pour obtenir, après trois bouillons et après évaporation, 4 litres de bain

Bain d'orseille. — Faites bouillir pendant une demi-heure. et à deux reprises différentes, 8 kil. orseille dans 16 litres lessive caustique à 1°; évaporez ensuite les deux bains réunis pour les réduire à 8 litres.

Bain de Cachou. — 500 grammes cachou pur; 2 litres eau; 1 litre de vinaigre. On chauffe le tout lentement jusqu'à 60°; on laisse déposer la décoction pour en retirer 2 litres de bain clair.

Bain de noix de galle, pour noir. — (Même préparation que le bain de campêche); 3 kil. noix de galle concassée, et la quantité d'eau suffisante pour obtenir, après l'évaporation, 4 litres de bain pesant 6°.

Bain de Sainte-Marthe. — On obtient le bain de Sainte-Marthe, en faisant bouillir, à trois reprises différentes, 3 kil. bois de Sainte-Marthe dans une quantité d'eau suffisante; évaporant les trois décoctions réunies pour avoir 2 litres.

Les autres bains de bois jaune, de fustel, de curcuma, etc., et généralement toutes les matières colorantes végétales, se préparent de la même façon, et toujours avec grand avantage, en employant des chaudières en cuivre à double fond chauffées par la vapeur,



1248.

comme le représente la fig. 1248, avec lesquelles on n'a pas à craindre d'altération de la matière colorante.

COMPOSITION DES MORDANTS.

Il faut diviser en deux classes les substances qu'emploie l'imprimeur sur étoffes. Plusieurs substances appartenant, en général, au règne organique, telles que l'indigotine, la carthamine, la curcumine et, parmi les couleurs minérales, les oxydes ferrique, chromique, plombique, etc., n'ont besoin que d'être appliquées sur la toile, tandis que les autres en plus grand nombre, telles que celles de la garance, de la cochenille, du bois de Brésil et de Campêche, de la gaude, du quercitron et du bois jaune, etc., ne s'unissent aux différentes fibres que par le concours d'auxiliaires qu'on désigne sous le nom de *mordants*; de là vient qu'on a divisé les matières colorantes en matières colorantes qui se fixent par elles-mêmes sur les étoffes, et en matières colorantes qui ne s'y fixent qu'avec le concours des mordants.

Les premières substances sont surtout employées pour les fonds, par des procédés qui sont ceux de la teinture. Les secondes ne peuvent être employées de cette manière, ou par les procédés spéciaux à l'impression des étoffes, qu'avec l'intervention des mordants, notamment pour les applications dites genre vapeur, dont nous parlerons ci-après.

Sur cette importante question des mordants, nous ne saurions mieux faire que d'emprunter à l'ancien *Dictionnaire Technologique* un article, à bon droit célèbre, de Robiquet.

Des mordants. Les matières colorantes sont, en général, des principes *sui generis*, qui jouissent de propriétés et d'affinités spéciales. Leurs caractères distinctifs sont, en général, de n'être ni acides ni alcalins, et néanmoins de pouvoir se combiner avec les corps, et plus particulièrement avec les bases, et de recevoir de chacun d'eux des modifications dans leur couleur, leur solubilité et leur altérabilité. Les matières colorantes organiques pures ont une affinité très énergique pour certains corps, faible pour d'autres, et presque nulle pour quelques-uns. Parmi ces produits immédiats les uns sont solubles dans l'eau pure, et les autres ne le deviennent qu'à l'aide d'agents particuliers. Or, on conçoit d'après ce que nous venons de dire, que toutes les fois qu'une substance colorante jouira d'une certaine affinité pour la fibre organique, elle pourra s'y fixer, c'est-à-dire la teindre sans l'intermédiaire des mordants, si par elle-même elle est insoluble dans l'eau, et c'est en effet ce qui a

lieu pour les matières colorantes du carthame, du rocou et de l'indigo. Les deux premiers sont solubles dans les alcalis : aussi suffit-il pour les appliquer sur des tissus d'en faire une solution dans une eau alcalisée, d'y plonger les tissus à teindre et de précipiter la matière tinctoriale, en saturant l'alcali de la dissolution au moyen d'un acide. La matière colorante, au moment où elle se sépare de son dissolvant, se trouve dans un grand état de division, et elle est là en contact avec les fibres organiques, pour lesquelles elle a une certaine affinité ; elle s'y unit étroitement, et comme elle est naturellement insoluble dans l'eau, c'est-à-dire qu'elle n'a point d'affinité pour ce véhicule, les lavages subséquents n'ont aucune prise sur cette teinture. Il en est à peu près de même pour l'indigo, bien que sa solubilité dans le bain de teinture ne dépende pas d'une cause semblable, et qu'elle soit due à une modification dans ses principes constituants. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'après avoir subi cette modification, elle devient soluble dans les alcalis, que les étoffes qu'on plonge dans ce bain s'imprègnent de cette solution, et qu'une fois exposée à l'air, la matière teignante reprend en même temps et sa couleur et son insolubilité primitive; que les lavages ne peuvent soustraire que les portions surabondantes à la combinaison possible, et qui sont simplement déposées sur les fibres du tissu.

Voilà ce qui arrive pour les matières colorantes insolubles, et l'on prévoit déjà qu'il doit en être tout autrement pour celles qui jouissent d'une plus ou moins grande solubilité ; celles-ci, en effet, ne possèdent pas en général une affinité pour les fibres organiques, telle que cette combinaison puisse être stable, par cela même que l'eau a pour la matière colorante une affinité qui balance et souvent surpasse celle du tissu.

C'est surtout dans ce cas que les teinturiers sont obligés d'avoir recours à des corps intermédiaires, qui viennent ajouter leur propre affinité pour la matière colorante à celle que possédait déjà les molécules organiques du tissu, et augmentant par cette double action l'intimité et la stabilité de la combinaison. Ce sont ces corps intermédiaires qui reçoivent, comme nous l'avons déjà dit, le nom de *mordant*.

Les mordants sont en général pris parmi les bases ou acides métalliques, et l'on serait tenté de croire, d'après ce premier aperçu, qu'il doit en exister un très grand nombre ; mais si l'on se rappelle qu'il faut qu'ils réunissent la double condition de posséder tout à la fois une forte affinité pour la matière colorante et pour la fibre organique, si de plus on réfléchit que les bases insolubles sont à peu près les seules à pouvoir former des combinaisons insolubles, alors on avouera que le nombre pourra en être singulièrement restreint. On sait, en effet, que bien que la chaux et la magnésie, par exemple, possèdent une grande affinité pour les matières colorantes, et qu'elles soient susceptibles de former avec elles des combinaisons insolubles, on voit, dis-je, qu'elles ne peuvent être généralement employées comme mordants, par cela seul qu'elles ne jouissent d'aucune affinité pour la fibre organique. L'expérience a démontré que de toutes les bases, celles qui réussissent le mieux comme mordants, ce sont l'alumine, l'étain et le fer oxydés; encore est-il que les deux premières étant naturellement blanches, sont les seules à pouvoir être employées lorsqu'on veut conserver à la matière teignante sa couleur primitive, ou du moins ne lui faire subir qu'une légère modification. Toutes les fois, au contraire, que le mordant est coloré par lui-même, on conçoit qu'il devra nécessairement en résulter une couleur composée tout à fait différente de la première.

Si, comme nous l'avons dit, le mordant contracte une véritable combinaison avec le tissu à teindre, il en résulte que l'application du mordant doit être faite dans les circonstances connues, comme les plus capables de favoriser les combinaisons, et c'est ce qu'on pratique journellement dans nos ateliers. Nous allons entrer dans quelques considérations à cet égard.

Pour qu'une combinaison puisse bien s'effectuer, il faut en général que les corps qui doivent s'unir soient mis en contact, non-seulement dans un état de liberté, ou au moins le plus près possible de cet état, mais il est reconnu, en outre, que la combinaison se fait d'autant mieux que les molécules seront plus ténues. Or, les mordants qu'il s'agit de combiner avec les tissus sont, comme nous l'avons vu, insolubles par eux-mêmes, ce qui oblige, pour diviser leurs molécules, à les dissoudre dans un véhicule approprié; mais ce dissolvant exercera pour son propre compte une affinité sur le mordant, qui deviendra un obstacle à son attraction pour le tissu. Ainsi, on devra choisir parmi les dissolvants celui dont l'attraction pour le mordant sera la plus faible. Or, de tous les acides qu'on peut employer pour dissoudre l'alumine, par exemple, le vinaigre est celui qui la retiendra avec le moins d'énergie ; aussi a-t-on généralement substitué maintenant l'acétate d'alumine à l'alun, parce que l'acide acétique abandonne l'alumine avec une telle facilité, qu'une simple élévation de température suffit pour que le départ de ces deux corps puisse s'opérer. Avant cette substitution de l'acétate, on ne se servait que de l'alun. L'acétate d'alumine se prépare en décomposant 100 parties d'alun par 116 parties d'acétate de plomb, en supposant que ces deux sels soient purs et ne contiennent que l'eau qu'ils doivent renfermer.

La première condition à remplir pour effectuer la combinaison du mordant avec la fibre organique du tissu qu'on veut teindre, c'est que cette fibre soit débarrassée autant que possible de toute matière étrangère. Tel est le motif qui oblige à bien dégorger et nettoyer les étoffes avant de les mordancer.

Cela posé, remarquons que s'il ne s'agissait que de mordancer uniformément les deux surfaces du tissu, rien ne serait plus aisé, puisqu'il suffirait alors de l'immerger complétement dans une dissolution de ce mordant ; mais il est très rare qu'il en soit ainsi, et le plus ordinairement, au contraire, il ne faut mordancer que des dessins plus ou moins délicats, dont les contours doivent être nettement tracés. Or, il serait de toute impossibilité d'obtenir ce résultat avec le mordant tel que nous venons de le décrire, soit qu'on se serve de la planche ou du rouleau, ou de toute autre mécanique connue. Non-seulement la trop grande fluidité de ce liquide ne permettrait pas à la gravure d'en retenir une assez grande quantité pour en déposer une proportion convenable sur le tissu, mais, en outre, cette fluidité en favoriserait trop l'expansion, et tous les traits du dessin se trouveraient grossis. (Voir plus loin.)

Mordant pour rouge. On emploie pour le rouge l'acétate d'alumine marquant de 2° à 8°, pour toutes les nuances de rouge, depuis le rose jusqu'au rouge le plus foncé, en le coupant plus ou moins avec de l'eau pour obtenir les nuances les plus faibles.

On prépare encore un mordant alumineux dont on fait un grand usage en Angleterre, surtout pour l'impression rouge au rouleau, où il présente beaucoup d'avantage pour les gravures très délicates. Il donne des roses et des rouges aussi beaux que l'acétate d'alumine. Ce mordant est l'aluminate de potasse que l'on obtient par le procédé suivant :

On fait bouillir pendant une demi-heure de la potasse du commerce en dissolution, étendue avec de la chaux vive comme pour faire de la *potasse caustique*. On décante cette dissolution caustique ; on en prend 50 litres qu'on évapore jusqu'à n'en avoir plus que 36 litres, dont la densité est alors de 35° ; on y dissout, par l'ébullition, 35 kilos d'alun ; on laisse refroidir; il se dépose

du sulfate de potasse cristallisé; on soutire la partie claire, et on lave avec un peu d'eau qu'on ajoute à celle déjà décantée : on doit obtenir ainsi environ 40 litres d'une dissolution d'aluminate de potasse qu'on épaissit avec de l'amidon torréfié.

Mordant de noir sur coton. — Pyrolignite de fer, ou acétate de fer (voyez ACÉTATE DE FER), à 6° ou 7°. — Le même mordant à 1° ou 2° sert à faire le lilas; et à 2° ou 3° pour le violet. Lorsqu'il est mêlé avec le mordant de rouge, on obtient des puces ou grenats qui diffèrent suivant la proportion des mélanges. On colore les mordants avec une décoction de bois de campêche ou de graine de Perse, et l'épaississement de ces produits, dont l'expérience peut indiquer l'intensité, est fait au moyen de l'amidon, ou de l'amidon grillé et de la farine.

On délaie l'amidon avec un peu d'acétate d'alumine ou de fer, suivant le mordant que l'on veut avoir; on ajoute ensuite la farine, puis on fait cuire et bouillir le mordant pendant 6 minutes. On verse la couleur dans une terrine, et on la passe à travers d'un tamis lorsqu'elle est froide.

Mordant pour les couleurs sur étoffes de coton dites vaporisées, parce qu'on les fixe par la vapeur sèche. — Ce mordant est formé par deux moyens différents, et qui donnent des résultats identiques :

1° Avec un mélange d'eau, de protochlorure d'étain, et d'acide sulfurique;

2° Avec un stannate de soude ou de potasse, que l'on sature en passant les étoffes imprégnées et séchées dans un bain d'acide sulfurique faible.

Mordants pour rouge sur toile de fil, dite batiste. — 20 litres d'eau bouillante dans laquelle on fait dissoudre 10 kil. alun épuré, c'est à dire exempt de fer; puis on ajoute 10 kil. acétate de plomb; on fait dissoudre complétement et on tire le clair.

Le premier mordant pour rouge foncé devra peser de 5° à 8°; on épaissit à chaud, comme il est dit pour le mordant sur coton, avec 125 gr. amidon blanc et on colore le bain avec une décoction de bois de Fernambouc.

Le deuxième pour rouge intermédiaire à 4°; même épaississement.

Le troisième pour rouge clair (ou rose) à 2°; on l'épaissit à l'amidon grillé non coloré ou à la gomme.

Mordant pour noir composé. — 1 partie pyrolignite de fer à 7°, qu'on épaissit à raison de 125 gr. d'amidon par litre de bain.

Mordant pour couleur puce. — 1 partie de pyrolignite de fer à 14°; 1 partie mordant d'alumine à 10°; 1 partie eau. Même épaississement que ci-dessus.

Mordant pour les couleurs lilas ou *grenat* et leurs modifications; 1 partie pyrolignite de fer variant, suivant l'intensité de la nuance que l'on veut obtenir, de 1/2 jusqu'à 3°; 1 partie eau et 125 gr. gomme ou amidon grillé.

Mordant pour couleur carmélite.—On prend le même mordant que pour puce.

Quand on veut produire un dessin sur un fond déjà imprimé avec un mordant, on imprime préalablement avec l'acétate de fer, au lieu du pyrolignite de fer.

Mordant pour bleu de France, de M. Petit, sur tissus de pure laine.—2 litres eau; 31 gr. crème tartre en poudre; 16 gr. deuto-chlorure d'étain; on passe les étoffes dans ce bain pendant 1 heure à la température de 50 à 60°.

Mordant pour bleu de France, sur tissu de laine, avec chaîne en coton; par le même (pour 16 pièces par passe). — 500 gr. sel d'étain; 1 kil. acide sulfurique.

On ajoute de l'eau en quantité suffisante pour former un bain à 4°. Après chaque passe qui doit durer un quart d'heure, on ajoute un peu du mordant ci-dessus, afin que le bain pèse toujours 4°.

Lorsqu'il est nécessaire d'ajouter de la gomme en suffisante quantité, pour mordanter le tissu partiellement, on fait dissoudre le sel d'étain, avant d'ajouter la gomme, qui doit être bien pulvérisée, sans cela la composition tend à se coaguler.

Mordant pour velours de coton. — 100 gram. solution de potasse caustique à 36°; 40 gram. deuto-chlorure d'étain à 50°; 1 litre 1/2 d'eau. Ce mélange devient laiteux.

Mordant de rouge sur tissu de soie (genre garancé). — 12 litres eau bouillante dans laquelle on fait fondre 1k,625 d'acétate de plomb; 47 grammes acide tartrique. Lorsque la dissolution est opérée, on y ajoute 3 kil. alun, et l'on remue le mélange jusqu'à son entier refroidissement; puis, on le laisse reposer pendant 24 heures et on tire le clair, qui est le mordant demandé.

Mordant pour tissus de laine avec chaîne en coton. — 6 seaux d'eau; 625 gr. proto-chlorure d'étain, 1 kil. acide sulfurique.

On passe les pièces dans ce mordant pendant 10 minutes, ou 1/4 d'heure; on les bat, on les lave et on les fait sécher.

COULEURS ET TEINTURES POUR MOUSSELINE DE COTON (genre garancé).

On entend par *impression garancée, dessins garancés, ou genre garancé*, les tissus sur lesquels on imprime successivement les mordants nécessaires pour obtenir des couleurs différentes, que l'on lave ensuite dans un bain de bouse de vache (voyez BOUSAGE), et que l'on teint enfin dans un bain de garance ou de quercitron.

Nous joindrons ici quelques exemples aux recettes de couleurs pour en bien faire comprendre l'emploi.

Cerise pour deux pièces, ensemble de 24 mètres.

Mordant pour l'impression. — 1 litre mordant de rouge à 6°; 125 gr. amidon; 1/64 litre d'huile d'olive (on prépare cette composition au moins 24 heures, avant de s'en servir).

Bain de bousage. — 1 seau de bouse de vache; 1 1/2 pain de craie; on passe les 2 pièces imprimées dans ce bain pendant 20 minutes à 65°; on les lave et on les bat comme les toiles peintes, puis on les passe dans les bains de teinture suivants :

Bain de garance n° 1. — Remplir la chaudière à moitié d'eau; y faire bouillir 2k1/2 son; 187 gr. cochenille; emplir d'eau et chauffer à 50°; ajouter ensuite, 500 gr. garance; chauffer 1/2 heure à 50 ou 60°; et rincer les pièces.

Bain de garance n° 2. — On retrempe ensuite les pièces dans le bain n° 1, auquel on ajoute 500 gram. garance; on chauffe pendant 3/4 d'heure de 50° à 60°; on lave.

Cerise foncé pour 3 *robes* (ensemble de 36 mètres). — Mordant et bousage comme ci dessus.

Bains de garance. — 1 kil. 1/4 garance; 2k 1/2 son; 47 gr. craie; entrer les pièces dans le bain à 45°; y rester de 2 heures 1/2 à 3 heures, et monter jusqu'à 60° ou 70°; passer dans un bain de savon de 1k 1/4 à 1k 1/2; puis dans un bain léger d'acide sulfurique et de dissolution d'étain; rincer; virer dans un bain de savon de 750 gr. à la température de 65 à 70°; laver.

Couleurs dites garancées ordinaires, que l'on imprime sur fond blanc.

Rouge foncé. — 1 litre mordant à 8°; 125 gr. amidon; 125 gr. huile d'olive.

Rouge clair.—1 Litre mordant à 3°; 125 gr. gomme du Sénégal.

Les rouges sont colorés avec 1/64 litre bain de Brésil à 10°.

Puce. — 1/2 litre mordant à 8°; 1/2 pyrolignite de fer à 6°; 125 gr. amidon.

Lilas clair.—1 1/2 litre pyrolignite de fer à 2° 1/2;

3/4 litre vinaigre; 1/2 litre eau; 1/16 litre sulfate de cuivre à 125 gram. par litre; 1/16 litre mordant à 8°; 1k,405 gram. gomme.

Lilas fort. — 1/4 litre acétate de fer à 2°, 3/4 litre vinaigre, 125 gram. amidon.

Noir. — (Pour 3 robes, 36 mètres); 1 litre pyrolignite du fer à 8°, 125 gram. amidon.

Bousage. — 25 seaux eau, 1 seau bouse, 1/2 pain de craie, entrer à 65° C., y rester 25 à 30 minutes, ou 16 tours; laver, battre quatre fois, laver.

Teinture. — 1 kilogr. 62 gram. garance, 1 kilogr. son, 47 gram. craie (le double, pour 6 robes); 1re heure à 45°, 2me h. à 55°, 3me h. 65 à 75° C. Blanchir sur le pré, 2 bains de savon.

COMPOSITION DES COULEURS POUR L'IMPRESSION DES TISSUS DE COTON. (Genre vapeur.)

Rouge. — 5 litres bain de Sainte-Marthe à 5°; 1 litre bain de graine de Perse à 6°; 2 litres acétate d'alumine à 12°; 500 gr. alun; 62 gr. acide oxalique; 93 gr. nitrate de cuivre; 93 gr. dissolution d'étain.

Petit Rouge.—8 litres bain de Sainte-Marthe à 1/2 degré; y faire fondre, à la chaleur de 50°, 1 kil. alun. Quand l'alun est entièrement fondu, on ajoute 750 gr. acétate de plomb; puis on laisse reposer et on soutire le clair. On épaissit ensuite avec 1k 1/2 gomme. Enfin on ajoute à froid 156 gr. deuto-chlorure d'étain liquide.

Jaune. — 1 litre bain de graine de Perse à 6°; 62 gr. alun; 16 grammes protochlorure d'étain; 375 gr. gomme de Sénégal.

Bleu. — 6 litres eau tiède; 562 gram. prussiate de potasse; 187 gr. acide oxalique; 250 gr. alun; 1k,750 gr. gomme.

Orangé. — 1k,500 gr. cendre gravelée, qu'on fait bouillir à quatre reprises différentes, et pendant 1/4 d'heure dans 6 litres d'eau; on a soin, après chaque cuisson, de laisser reposer et de décanter la liqueur claire; on délaie ensuite dans le bain formé par la réunion des quatre cuissons 1k,750 gr. Rocou; et on fait réduire le mélange, par l'ébullition, jusqu'à 10 litres; on épaissit à l'amidon grillé à raison de 375 gr. par litre.

Vert. — 1 Litre bain de graine d'Avignon; 31 gr. alun à chaud. Quand l'alun est fondu, on divise le bain en deux parties; dans l'une, on fait fondre à chaud 70 grammes prussiate de potasse, et 187 gr. gomme; et dans l'autre, 8 gr. protochlorure d'étain (sel d'étain), et 8 gr. deuto-chlorure d'étain.

Lorsque les deux mélanges sont refroidis, on les réunit.

Puce. — 3/4 litre bain de Sainte-Marthe à 5°; 1/4 litre bain de campêche à 8°; 62 gr. alun; 16 gr. sulfate de cuivre; 8 gr. acide oxalique; épaissir avec 375 gr. amidon grillé.

Noir. — 7/8 litre bain de campêche; 1/8 litre de pyrolignite de fer à 15°; on fait chauffer avec :

93 gram. amidon blanc;
47 gram. amidon grillé;
31 gram. acétate de cuivre.

En sortant du feu, on ajoute 62 gram. alun, et, quand le mélange est froid, 16 gram. nitrate de fer à 50°.

Bain pour lilas. — 8 litres bain de bois d'Inde à 3°; 4 litres bain de Sainte-Marthe à 4°; 1 kil. 500 gram. alun; faites chauffer à 50°. Quand l'alun est bien fondu, ajoutez : 1 kil. 250 gram. acétate de plomb; remuez jusqu'à ce que le mélange soit entièrement froid, laissez reposer et tirez le clair.

Lilas. — 1 litre bain ci-dessus; 1 litre eau; 750 gr. gomme de Sénégal; 16 gram. dissolution d'étain.

Bleu-faïence, appelé bleu de Chine ou anglais sur batiste. — Cette composition se trouve décrite dans l'Art de peindre et d'imprimer les toiles, par Goery (1800), puis dans l'art de peindre et d'imprimer les indiennes, par B.; enfin, Favier, chimiste, a publié, dans le tome XIII des Annales des arts et manufactures, page 174, les perfectionnements qu'il avait apportés à ce genre de teinture, qui ne s'exécutait alors qu'à la fabrique d'Oberkampf à Jouy.

Au résumé, les procédés sont encore aujourd'hui, à peu de chose près, ce qu'ils étaient autrefois; il y a, cependant, quelques manipulations nouvelles, que l'on appelle dans tout état *les tours de main*, et qui varient suivant les fabriques.

Les meilleures recettes se réduisent à celle-ci.

On introduit dans une meule creuse, que nous avons décrite (voyez BROYER), de 5 à 6 kilog. indigo de première qualité, réduit en poudre grossière, et de 5 à 7 kilog. sulfate de fer, dissous dans 10 litres d'eau. On fait broyer pendant deux ou trois jours, jusqu'à ce que le mélange soit réduit en bouillie et ressemble à une espèce de gelée. On retire ce mélange de la meule, que l'on rince avec un litre d'eau que l'on réduit à la consistance de la première préparation. Si l'on veut avoir le bleu épaissi avec la gomme, on prépare une solution de gomme très épaisse, et on en ajoute à la préparation une quantité égale en volume. Dans le cas contraire, on ajoute encore 10 litres d'eau.

Cette couleur ainsi obtenue est désignée sous le nom de bleu normal ou bleu n° 1, et pour obtenir les différentes nuances dégradées, on augmente la quantité d'eau-gomme ainsi qu'il suit :

10 parties bleu n° 1, 2 parties gomme. — Bleu n° 2,
6 parties bleu n° 1, 6 parties gomme. — Bleu n° 3,
2 parties bleu n° 1, 10 parties gomme. — Bleu n° 4,
2 parties bleu n° 1, 16 parties gomme. — Bleu n° 5.

On emploie ces bleus de la manière suivante :

Impression d'un seul bleu pour un dessin gravé extrêmement fin. — A la planche à la main, bleu n° 3, épaissi à la gomme, ou mieux à l'amidon. Pour la planche plate ou le rouleau, bleu n° 2, épaissi à la gomme.

Impression d'un seul bleu pour un dessin gravé largement avec de grands pleins que l'on appelle mats. — A la planche : bleu n° 4 épaissi à la gomme, ou bleu n° 5, à l'amidon. A la planche plate et au rouleau : bleu n° 3, à la gomme.

Impression de deux bleus. — A la planche : 1er bleu n° 2 ou 3, à l'amidon; 2e bleu n° 4 ou 5, à la gomme. A la planche plate : 1er bleu n° 2, à l'amidon; 2e bleu n° 4 ou 5, à la gomme.

Impression de trois bleus. — A la planche : 1er bleu n° 3, à l'amidon; 2e bleu n° 4, à l'amidon; 3e bleu n° 5, à la gomme.

On monte quatre bains, dans lesquels on trempe et travaille les pièces imprimées, comme nous le verrons plus loin.

Premier bain de chaux vive pour les mordants. — Dans une cuve de 7 mètres de largeur, 2 mètres environ de hauteur, et remplie d'eau de rivière, on fait dissoudre 125 kilogr. chaux-vive, en remuant continuellement, jusqu'à dissolution complete.

Deuxième bain de sulfate de fer. — Dans une cuve pareille à la première, on fait une dissolution de sulfate de fer à 7°.

Troisième bain de soude caustique à 8°.— On monte ce bain dans une troisième cuve, en y dissolvant du sel de soude ou sous-carbonate de soude cristallisé en quantité suffisante pour amener le bain à 8°; on y ajoute ensuite le 1/4 du poids de la soude en chaux vive, et l'on *pallie* ou trouble souvent la cuve pendant deux jours de suite; enfin, on laisse reposer le bain pour s'en servir.

Quatrième bain d'acide sulfurique marquant 1 à 1° 1/2 pour nettoyer les pièces. — Quand on a passé 50 ou 60 pièces dans les différentes premières cuves, il faut les alimenter par la quantité de drogues nécessaires pour leur conserver leur force.

Quelques fabricants préparent le bleu avec l'indigo,

le sulfate de fer et le 6ᵉ en poids de sulfure d'arsenic; d'autres, en ajoutant de l'acétate de fer au lieu d'eau; quelquefois on fait un mélange d'indigo, d'acétate de fer et de nitrate de plomb. M. Thillaye, auquel nous empruntons ces données, fait observer que, par l'addition de nitrate de plomb, on obtient des bleus qui ont une très grande vivacité.

COMPOSITION DES COULEURS POUR IMPRIMER LES TISSUS DE PURE LAINE.

Noir à l'amidon.— 10 litres bain de campêche à 3°; 2 litres bain de noix de galle à 6°; 2ᵏ,250 amidon; 93 gr. verdet cristallisé (acétate de cuivre); faire bien cuire pendant cinq minutes, au moins. Quand la couleur est presque froide, on ajoute 1ᵏ,250 nitrate de fer à 48°; et quand elle est tout-à-fait froide, on y mélange 1 kil. acétate d'indigo.

Noir à la gomme. — Il faut réduire 4 litres bain de campêche à 2 litres; y mêler 1 litre bain de noix de galle et épaissir avec 1 kil. gomme, ajouter ensuite à chaud 125 gr. alun, et 375 gr. sulfate de fer calciné.

Noir-bleu. (recette anglaise). — 12 litres décoction de bois de campêche à 4°; 1ᵏ,250 gr. amidon blanc; 1 kil. 125 gr. amidon grillé; 375 gr. carmin d'indigo; 375 gr. alun; 1ᵏ,375 gr. nitrate de fer.

Gris-poussière (recette anglaise). — 2 litres cachou à 1° 1/2; 500 gr. gomme; 62 gr. alun; 31 gr. acide tartrique; 47 gr. cochenille ammoniacale à 3°; 16 gr. acétate d'indigo à 10°; 31 gr. acide acétique, ou vinaigre.

Gris-bleu. — 6 litres eau; 31 gr. carmin d'indigo; 31 gr. cochenille préparée. On filtre cette solution, après parfait mélange; on ajoute 2 kil. gomme; 187 gr. alun; 31 gr. acide oxalique; 62 gr. deutochlorure d'étain.

Gris fin. — 3 litres eau; 750 gr. gomme; 93 gr. alun; 24 gr. acide oxalique; 24 gr. cochenille ammoniacale à 1°; 32 gr. acetate d'indigo à 10°.

Gris ordinaire. — 6 litres bois jaune à 1/2; 2 litres cochenille ammoniacale à 3°; 156 gr. carmin d'indigo; 312 gr. alun; 156 gr. acide oxalique; épaissir avec 2 kil. gomme.

Rouge fin. — 500 gr. cochenille en poudre, bouillie dans une quantité d'eau suffisante, et dont on retire, après trois bouillons, et par évaporation, 2 litres 1/2 que l'on épaissit avec 312 gr. amidon presqu'à froid; et auquel on ajoute 93 gr. d'acide oxalique; on laisse reposer jusqu'au lendemain; et on ajoute encore 156 gr. deuto-chlorure d'étain liquide.

Rouge ordinaire. — 500 gr. cochenille en poudre, dont on retire, par l'ébullition, 6 litres de bain; épaissir à froid avec 2ᵏ,750 gr. gomme en poudre, et y ajouter 250 gr. acide oxalique pilé, et, le lendemain, 250 gr. deuto-chlorure d'étain liquide.

Ponceau à la gomme. — 3 kil. cochenille en poudre que l'on fait bouillir dans l'eau, pour en retirer 16 litres de bain, que l'on épaissit avec 8 k. gomme, presqu'à froid; y ajouter 500 gr. acide oxalique; et, le lendemain, 1 kil. deuto-chlorure d'étain liquide.

Ponceau à l'amidon. — 2 kil. cochenille en poudre, que l'on fait bouillir pour en retirer 16 litres pots de bain; épaississez avec 2 kil. amidon blanc, presque à froid, et ajoutez-y 500 gr. acide oxalique; et, le lendemain, 750 gr. deuto-chlorure d'étain.

Ponceau (composition anglaise). — 4 litres eau dans lesquels on delaie 3 kil. amidon blanc, et on ajoute 3 kil. cochenille en poudre, que l'on fait bouillir pendant 1 heure dans 20 litres eau; faites cuire le mélange et ajoutez-y presque à froid 750 gr. d'oxalate de potasse (sel d'oseille); et 93 gr. protochlorure d'étain.

Jaune à l'amidon. 2 litres, décoction de graines de Perse; 1 kilog. d'amidon délayé dans 1 litre d'eau; ajoutez à froid 1 kil. de deuto-chlorure d'étain liquide.

Jaune à la gomme. 4 litres, décoction de graines de Perse que l'on épaissit avec 1 kilog. 500 gram. de gomme; et l'on ajoute 500 gram. de deuto-chlorure d'étain liquide.

Bleu foncé (Recette anglaise). 6 litres d'eau; 750 gr. de cochenille humide; 750 gram. de carmin d'indigo; 2 kilog. 500 gram. de gomme; 375 gram. d'alun; 157 gram. d'acide oxalique.

Bleu foncé (recette française). Faire fondre ensemble: 1 kilog. 500 grammes de gomme; 125 gram. d'alun dans 4 litres d'eau à moitié refroidie: on y ajoute ensuite à froid 93 gram. d'acide oxalique et 375 gram. de carmin d'indigo.

Bleu ordinaire. 1 kilog. 500 gram. de gomme; 125 gram. d'alun que l'on fait dissoudre dans 4 litres d'eau; ajoutez 125 gram. d'acide oxalique, et 250 gram. de carmin d'indigo.

Petit-bleu. 1 kilog. 500 gram. de gomme; 125 gram. d'alun; 4 litres d'eau à moitié refroidie; 157 grammes d'acide oxalique à froid; 125 gram. de carmin d'indigo.

Bleu dit bleu de France. — C'est M. Petit, coloriste à Saint-Denis, qui a découvert cette belle couleur bleue-violetée au mois de mars 1842; et depuis cette époque les fabricants français s'en servent, préférablement à l'indigo, qui produit toujours une couleur bleu-verdâtre.

Préparation de la couleur. — 1 litre du prussiate rouge ci-dessus; 32 grammes acide sulfurique; 15 à 25 grammes sel ammoniac (une quantité plus considérable fait couler); de 62 à 125 grammes sel anglais ou sel pour rose, variant de 2 à 4° selon la nuance que l'on veut obtenir, de 500 à 575 gomme de Sénégal suivant la nature du dessin et le degré de température.

Ainsi, lorsque les traits du dessin sont fins, il faut ajouter une plus grande quantité de gomme. Lorsque les traits du dessin seront plus forts ou mats, et pour un fond, on met moins de gomme.

Quand la température est humide, on augmente la quantité de gomme; mais quand le temps est très sec on peut imprimer avec une couleur presque liquide.

La préparation du bleu sur tissus de laine et coton est la même, seulement on ajoute 31 grammes de sel ammoniac en plus et 125 grammes prussiate jaune pur. On mordante à froid les tissus, avant l'impression, dans le bain dont nous avons donné la composition plus haut.

On avive encore ce bleu en passant la pièce imprimée fixée et lavée dans un bain d'acide sulfurique à 1°.

Orangé au rocou. 5 kilog. de rocou sans feuilles; 16 litres de lessive caustique à 6°; chauffer en remuant sans cesse pendant l'espace d'une heure à 60° de chaleur seulement, et faire fondre ensuite 5 kilog. gomme pilée, sans dépasser la chaleur de 60° au thermomètre centigrade.

Dans certaines fabriques, on emploie: roucou, potasse, ammoniaque et amidon.

Orangé à l'amidon. 2 litres couleur jaune à l'amidon: 1/2 litre ponceau à l'amidon.

Orangé à la gomme. 3 litres couleurs jaune à la gomme, 1/2 litre ponceau à la gomme.

Grenat. 8 litres bain d'orseille que l'on épaissit à froid avec 2 kilog. gomme; on y ajoute ensuite 4 litres couleur-orangé au roucou, et 1 kilog. carmin d'indigo.

Bois à l'amidon 2 litres ponceau à l'amidon; 4 litres jaune à l'amidon; 250 gram. acétate d'indigo.

Bois à la gomme. 2 litres ponceau à la gomme; 3 litres jaune à la gomme, et 250 gram. acétate d'indigo.

Bois à l'orseille (recette anglaise). 3 litres orseille à 6°; 312 gram. alun; 93 grammes acide oxalique; 93 gram. sulfate de fer; 3 litres bain de graines d'Avignon et de fustet par égale portion, à 8°; et pour épaissir 750 gram. amidon.

Vert ordinaire. 10 litres bain de quercitron et 10 litres bain de graines de Perse, que l'on réduit ensemble à 10 litres; puis on épaissit avec 7 kilog. 500 gram. gomme, sans faire bouillir; on ajoute ensuite, en sortant du feu, 500 gram. acide oxalique; et à froid 1 kil. 500 gram. carmin d'indigo, et 10 litres mordant de rouge.

Vert foncé. 2 litres vert ordinaire; plus 125 gram. carmin d'indigo.

Petit-vert. 2 litres bain de quercitron et 2 litres bain de graines de Perse, que l'on mélange et réduit ensemble à 2 litres; on épaissit ce bain avec 1 kilog. gomme; et on y ajoute à froid 125 gram. acide oxalique, 1 litre mordant de rouge, et 1 litre vert ordinaire.

Vert d'eau. 2 litres bain de quercitron; 1 kilog. gomme; 62 gram. acide oxalique à froid; 1 litre mordant de rouge; 31 gram. acétate d'indigo.

Vert myrthe (recette anglaise). 5/8 litre bain de campêche à 3°; 2 litres bain de graine d'Avignon et de fustet à 8°; 157 gram. carmin d'indigo; ajouter 312 gr. gomme par litre; 187 gram. alun; 57 gram. nitrate de cuivre; on laisse reposer et vieillir cette couleur à laquelle on ajoute encore un peu d'alcool qui fait un bon effet.

Amaranthe. 3 litres cochenille ammoniacale, et 1 kilog. 500 gram. gomme que l'on fait fondre ensemble; puis on ajoute, en sortant du feu, 125 gram. alun pulvérisé, et, presque à froid, 157 gram. acide oxalique.

Violet-rouge à l'orseille. 1 litre bain d'orseille à 7°; 250 gram. gomme; 31 gram. protochlorure d'étain; 16 gram. carmin d'indigo ordinaire.

Violet foncé. 2 litres couleur amaranthe; 157 gram. acétate d'indigo.

Mauve. 2 litres cochenille ammoniacale; 2 kilog. gomme fondue dans 2 litres eau; en sortant du feu, ajoutez 157 gram. alun; et presque à froid 157 gram. acide oxalique.

Lilas. 2 litres couleur mauve; plus 62 gram. acétate d'indigo.

Rose fin. 1 kilog. 500 gram. gomme en poudre que l'on fait fondre à chaud dans 4 litres eau; lorsque la solution est à moitié refroidie, on y ajoute 312 gram. acide oxalique; et à froid 6 litres de couleur mauve.

Rose pour l'impression au rouleau (recette anglaise). 3/8 litre cochenille ammoniacale à 3°; 1/8 litre eau; 47 gram. alun; 2 gram. acide oxalique; 2 gram. acide hydrochlorique.

Puce. 2 litres bain de Sainte-Marthe; 125 gram. bain de Campêche à 3°; 62 gram. acétate de cuivre (verdet cristallisé); 375 gram. farine; faites cuire le tout ensemble et ajoutez à cette composition, et à froid, 250 gram. mordant de rouge, et 250 gram. nitrate de cuivre.

Chamois. 2 kilog. gomme pilée que l'on fait fondre dans 6 litres eau; et on ajoute ensuite à froid 2 litres couleur orangé au roucou.

Abricot (recette anglaise). 1 litre bain de fustet à 3°; 250 gram. alun; 31 gram. deutochlorure d'étain; 312 gram, couleur ponceau de la recette anglaise.

COULEURS POUR FOND SUR LAINE.

Écru. 6 litres d'eau dans lesquels on fait fondre 1 kil. gomme et 125 gram. sulfate de cuivre (couperose); puis il faut ajouter 1/2 litre couleur orangée au roucou, et 1 litre couleur.

Autre écru au cachou. 1/2 litre bain de cachou; 1 litre eau de gomme; 1 litre mordant de rouge; 1 litre eau; et ajouter 31 gram. nitrate de cuivre.

Lilas. 2 litres bain de bois de Campêche à 1°, épaissir avec 1 kilog. gomme; y faire fondre à froid 93 gram. acide oxalique, et ajouter ensuite à froid 2 litres mordant de rouge.

Gris. 4 litres d'eau et 1 kilog. 500 gram. gomme; ajouter à froid 47 gram. sulfate de fer, et de plus 2 litres de lilas pour fond.

Autre gris. 1 litre lilas pour fond; 1 litre écru pour fond; 1/2 litre mordant de rouge; 1/2 litre eau de gomme; 125 gram. nitrate de cuivre, et 62 gram. deutochlorure d'étain.

Vert foncé (recettes anglaises). 6 litres bain de bois jaune à 12°; 1/2 litre bain de bois de campêche à 5°; 500 gram. carmin d'indigo; 375 gram. amidon; 2 kil. amidon grillé; 375 gram. alun; 63 gram. acide oxalique; 32 gram. deuto-chlorure d'étain; 375 gram. acétate d'indigo à 10 ou 11°.

Vert-olive. 3 litres gris pour fonds, et 2 litres vert-d'eau.

Vert-pistache. 2 litres bain de graines de Perse, épaissi avec 500 gram. gomme; 16 gram. acide oxalique que l'on ajoute à froid; 2 litres couleur gris pour fond.

Tourterelle. 1/2 litre couleur grenat; 1 litre eau gommée; 1 litre eau.

Couleurs dites de fantaisie pour fond, n° 1. 1/2 litre mordant de rouge; 1/2 litre eau; 1 litre eau de gomme; 2 litres couleur écru au cachou.

Autre, n° 2. 2 litres couleur vert-d'eau; 2 litres couleur mauve.

Autre, n° 3. 2 litres couleur jaune pour fond; 2 litres couleur lilas ordinaire.

Autre, n° 4. 2 litres eau; 500 gram. gomme; 125 gr. sulfate de cuivre que l'on ajoute à froid; 1/2 litre couleur orangé au roucou.

COULEURS POUR TISSUS DE LAINE AVEC CHAINE DE COTON (Recettes de M. Sieber, de Manchester).

Rouge-ponceau. 6 litres cochenille (250 gram. par litre d'eau); 564 gram. amidon; 187 gram. acide oxalique à froid; 225 gram. deuto-chlorure d'étain; 24 gram. protochlorure d'étain.

Jaune. 1 litre bain de graine d'Avignon; 62 gram. alun: 8 gram. protochlorure d'étain; faire chauffer jusqu'au bouillon; 375 gram. gomme ou amidon torréfié.

Bleu ordinaire. 1 kilog. 500 gr. prussiate de potasse jaune; 875 gram. acide tartrique; 6 litres eau chaude; laissez déposer, et vous soutirerez environ 5 litres de liqueur claire à laquelle vous ajouterez 500 gram. carmin d'indigo dissous dans 4 litres d'eau; de plus 63 gram. alun; 16 gram. acide oxalique; 375 gram. gomme par litre.

Bleu foncé. 1 litre eau; 500 gram. prussiate de potasse; 500 gram. acide tartrique; vous laisserez déposer jusqu'au lendemain; vous ajouterez ensuite 250 gr. gomme par litre; 125 gram. carmin d'indigo; 62 gram. alun; 93 gram. sulfate d'indigo.

Bleu ordinaire pour l'impression au rouleau. 1/2 litre eau; 93 gram. prussiate de potasse; 62 gram. acide tartrique; 31 gram. acide oxalique; 8 gram. acide sulfurique: on laisse déposer; on soutire la liqueur, à laquelle on ajoute 1/2 litre eau; 62 gram. carmin d'indigo; 16 gram. alun; 16 gram. acide tartrique.

Grenat. 1 litre bain de Brésil à 4° 1/2; 255 gram. bain de fustet à 10°; 31 gram. bain de Campêche à 4°; 47 gram. alun; 31 gram. sel ammoniac, un peu d'alcool; 47 gram. nitrate de cuivre; 93 gram. amidon; 157 gram. amidon grillé.

Marron. 1 litre 1/4 bain de Fernambouc à 4°; 1 litre 1/4 bain de bois jaune à 8°; 3/4 litre bain de campêche à 2° 1/2; 410 gram. amidon grillé; 156 gram. alun; 87 gram. sel ammoniac; 172 gram. nitrate de cuivre.

Autre grenat. 20 litres bain de Sainte-Marthe à 6° 1/2; 7 litres 1/2 bain de Campêche à 4°; 2 litres 1/4 bain de quercitron à 10°; 2 litres 1/2 acide acétique (vinaigre) à 3°: on épaissit avec 2 kilogr. 250 gram. amidon ordinaire, et 3 kilogr. 750 gram. amidon grillé;

puis on ajoute presque à froid 1 kilogr. 250 gram. alun; 312 gram. sel ammoniac; 1 kilogr. 93 gram. nitrate de cuivre; on peut remplacer le vinaigre par 1/2 litre d'alcool.

Vert ordinaire. 20 litres bain de graines de Perse à 8°; 6 kilogr. 156 gram. bain de bois jaune; 3 kilogr. 600 gram. prussiate de potasse; 1 kilogr. 200 gram. acide oxalique; 640 gram. deuto-chlorure d'étain; 2 kil. carmin d'indigo délayé dans 500 gram. acide acétique à 10°; épaissir avec 10 kilogr. gomme.

Vert foncé. 6 litres bain de Cuba à 10°; 153 gram. alun; 1 kilogr. 688 gram. prussiate de potasse; 575 gr. acide oxalique; 188 gram. acide tartrique; 500 gram. sulfate d'indigo; 62 gram. acétate d'indigo; épaissir avec 4 kilogr. 250 gram. gomme pilée.

Lilas. 4 litres cochenille préparée avec 125 gram. par litre d'eau; 2 litres bain de campêche à 5°; 1 litre acétate d'alumine à 12°; 250 gram. alun; 3 gram. acide oxalique; 24 gram. bleu soluble; 31 gram. deutochlorure d'étain; 375 gram. gomme par litre.

Violet foncé. 1 litre couleur bleu foncé; 4 litres couleur lilas.

Noir. 42 litres 1/2 bain de campêche à 6°; 5 kilogr. amidon; 32 gram. sain-doux; 3 kilogr. 800 gram. nitrate de fer; 2 litres 1/2 pyrolignite de fer; 2 kilogr. 150 gram. acétate d'indigo.

Gris deuil pour impression au rouleau. 1 litre bain de campêche à 1°; 47 gram. dissolution du bleu Raymond; 250 gram. gomme par litre.

COMPOSITION DES COULEURS POUR L'IMPRESSION SUR TISSUS DE SOIE (genre garancé).

Rouge. 1 litre mordant de rouge sur soie; 500 gram. gomme du Sénégal; 1/16 litre bain de graine de Perse (faite avec 500 gram. graine, par 2 litres eau).

Puce. 1/2 litre mordant de rouge; 1/2 litre pyrolignite de fer à 8°; on épaissit avec 375 gram. amidon grillé.

Violet. 1 litre pyrolignite de fer à 2°, dans lequel on fait fondre 31 gram.; chlorure de sodium (sel marin), avec 375 gram. gomme.

Noir. 1 litre pyrolignite de fer à 12°; 93 gram. amidon blanc; 31 gram. amidon grillé; 16 gram. acétate de cuivre.

Cramoisi bon teint. 1 litre mordant de rouge; 16 gr. dissolution d'étain; recette lyonnaise; 1/16 litre bain de Ste-Marthe à 2°, pour colorer 375 gram. gomme.

COMPOSITION DES COULEURS SUR TISSUS DE SOIE, FOULARDS, ETC. (genre vapeur).

Rouge. 2 litres 1/2 bain de Sainte-Marthe à 5°; 1 litre mordant de rouge; 3/4 litre bain de graine d'Avignon à 10°; 125 gram. alun; 16 gram. nitrate de cuivre; 31 gram. acide oxalique; 125 gram. nitrate d'étain; 1 kilogr. gomme.

Jaune. 1 litre bain de graine de Perse à 8°; 62 gram. alun; 31 gram. protochlorure d'étain (chauffer jusqu'au commencement du bouillon); épaissir avec 375 gram. gomme.

Bleu ordinaire. 1 litre eau; 31 gram. alun; 31 gram. acide tartrique; 93 gram. carmin d'indigo; 437 gram. gomme du Sénégal.

Bleu clair (recette anglaise). 1/2 litre eau; 93 gram. carmin d'indigo; 312 gram. gomme; 16 gram. alun; 16 gram. acide oxalique; 31 gram. dissolution physique violette à 10°. (Composé de bain de campêche à 3° et de deuto chlorure d'étain pour amener au degré voulu).

Gros bleu (recette anglaise) 1/4 litre acétate d'albumine à 10°; 1/4 litre bain de campêche frais à 4°; 156 gram. gomme; 16 gram. acide tartrique; 1/16 litre acétate d'indigo à 10°; 93 gram. carmin d'indigo; 16 gram. deuto chlorure d'étain.

Orangé. 1 kilog. 500 gram. cendre gravelée; 1 kilog. 500 gram. roucou : on prépare cette couleur, comme il est dit pour l'orangé sur coton (genre vapeur), et on la réduit par l'évaporation à 6 litres; puis on l'épaissit avec 375 gram. amidon grillé.

Vert. 14 litres décoction de graine de Perse; 5 kilog. gomme; 1 kilogr. 500 gram. alun à froid; 1 kilogr. 500 gram. carmin d'indigo.

Lilas (recette anglaise). 1/2 litre bain de campêche à 4°; 16 gram. cochenille ammoniacale; 2 gram. carmin d'indigo; 31 gram. gomme; 24 gram. alun; 8 gram. acide oxalique; 4 gram. deuto-chlorure d'étain.

Autre lilas (recette française). 1/2 litre bain de campêche à 3°; 4 litres mordant de rouge, y faire fondre 1 kilogr. gomme, et ajouter à chaud 31 gram. acide oxalique, et à froid 16 gram. nitrate de cuivre.

Vert pour imprimer. 1 litre bain de graine de Perse à 8°, dans lequel on fait dissoudre à chaud 62 gram. alun et 500 gram. gomme, et délayer ensuite 125 gram. carmin d'indigo; puis 62 gram. acétate de cuivre à 15°. Si l'on veut obtenir un vert plus foncé, on concentre davantage le bain de graine de Perse, et on augmente la quantité de carmin et d'acétate d'indigo; pour former un vert plus clair, on diminue la densité du bain, en ajoutant de l'eau de gomme, ainsi que la quantité de carmin et d'acétate d'indigo.

Violet. 1 litre bain de campêche à 4°; 1/4 de litre bain de cochenille ammoniacale à 3°; faire cuire le tout ensemble pour réduire à un litre, et ajouter 62 gram. alun; 312 gram. gomme; 62 gram. dissolution d'étain.

Rose ou petit rouge. 3 litres eau; 125 gram. cochenille en poudre; 31 gram. cochenille ammoniacale : on réduit le mélange à 2 litres par la cuisson, et on ajoute 31 gram. bi-oxalate de potasse (sel d'oseille); et après le repos, on tire le clair que l'on épaissit avec 375 gram. gomme par litre, et on ajoute à froid 16 gram. protochlorure d'étain; 16 gram. bi-oxalate de potasse.

Ponceau pour imprimer. 1 litre bain de cochenille fait à raison de 187 gram. cochenille par litre; 1/16 bain de quercitron à 6° que l'on cuit avec 125 gram. amidon blanc; puis on ajoute, en sortant du feu, 20 gram. bi-oxalate de potasse, et lorsque le mélange est tiède 15 gram. proto-chlorure d'étain; 13 gram. de oxy-muriate d'étain; et à froid 10 gram. dissolution d'étain.

Noir pour impression. 1 litre bain de campêche à 5°, dans lequel on délaie 93 gram. amidon blanc; 47 gram. amidon grillé, et on fait cuire; en sortant du feu, on mêle 47 gram. sulfate de cuivre, et à froid 62 gram. nitrate de fer à 55°.

Noir pour fond. 1 litre bain de campêche à 77°; 47 gram. sulfate de cuivre; 62 gram. acétate d'indigo; 47 gram. nitrate de fer à 55°; 470 gram. amidon grillé.

COULEURS SUR TISSUS DE LAINE ET SOIE (genre Thibet).

Rouge fin. 4 litres bain de Sainte-Marthe; 250 gram. cochenille moulue, il faut réduire ensemble à 2 litres; épaissir avec 2 kilogr., ajouter à chaud 125 gram. acide oxalique, et à froid 4 litres de mordant rouge n° 1.

Petit rouge. 1 litre eau de gomme; 1 litre eau, dans laquelle on fait fondre 31 gram. acide oxalique, et à froid 16 gram. deuto-chlorure d'étain; ajouter 1/2 litre de la couleur rouge fin sur Thibet.

Autre (recette anglaise). 3/4 litre bain de cochenille à 250 gram. par litre d'eau; 1/4 litre bain de quercitron (recette anglaise) à 3°; 93 gram. amidon; 31 gram. acide oxalique; 16 gram. proto-chlorure d'étain.

Puce-rougeâtre sur Thibet. Réduire 4 litres bain de Sainte-Marthe à 2 litres; épaissir avec 1 kilogr. 500 gomme; puis ajouter 1/2 litre mordant de rouge; et à froid 125 gram. muriate de zinc; plus 500 gram. nitrate de cuivre.

Bois foncé sur soie et coton (recette anglaise). 1/2 litre

cachou à 6°, 93 gram. amidon grillé, 16 gram acétate de cuivre, 4 gram. sel ammoniac.

Bois clair (recette anglaise). 1 litre cachou à 6°; 250 gram. gomme; 32 gram. nitrate de cuivre.

COULEURS POUR L'IMPRESSION DES ÉTOFFES DE LAINE EN RELIEF.

L'épaississement de toutes les couleurs est ainsi composé : 100 gram. farine de blé noir, ou sarrazin, 1 litre de bain colorant.

Rouge. 1 litre bain de Fernambouc, 31 gram. alun; 10 gram. nitrate de cuivre.

Jaune-serin ou paille. 1 litre bois jaune ou de fustet; 70 gram. curcuma; 70 gram. alun que l'on met en sortant du feu. Le curcuma doit être cuit avec la farine.

Jaune-orangé 90 gram. proto-chlorure d'étain (sel d'étain); 70 gram. curcuma.

Vert. 1 litre bain de fustet; 70 gram. curcuma; 10 à 40 gram. sulfate d'indigo, suivant l'intensité de la couleur qu'on veut avoir. Pour obtenir les tons foncés on met plus ou moins de sulfate d'indigo.

Bleu. De 10 à 50 gram. carmin d'indigo, suivant l'intensité, de 5 à 25 gram. pour les tons intermédiaires; on ajoute un peu de sulfate d'indigo pour donner du mordant à la couleur.

Rose. Dégradation du rouge.

Ponceau mélangé de 1/10 de rouge, et 9/10 jaune orangé.

Amaranthe. 90 grammes cochenille ammoniacale par litre; on fait bouillir à trois reprises différentes, on réunit les trois bains que l'on réduit, par l'évaporation, à 1 litre. Avec ce bain on fait le *violet*, en ajoutant de 50 à 60 gram. carmin d'indigo.

Grenat. 1 litre bain de Sainte-Marthe, auquel on ajoute 5 gram. nitrate de cuivre à 48°, et à froid.

Bois. 4 litres bain de Fernambouc; 1 litre Sainte-Marthe; 5 à 15 gram. de nitrate de cuivre, suivant l'intensité de la couleur qu'on veut avoir.

Puce. On le fait comme le bois, mais on remplace le nitrate de cuivre par 300 gram. alun.

Noir. 1 kilogr. sulfate d'indigo; 100 gram. carmin d'indigo; 5 litres bain d'orseille à 1° ou 1° 1/2.

Autre, 100 gram. nitrate de fer, 1 litre bain de campêche épaissi; 25 gram. sulfate d'indigo que l'on ajoute après le refroidissement. On fait aussi du noir à la noix de galle et au sulfate de fer, ou à l'acétate de fer. Mais ce noir rougit à l'air.

Gris. Dégradation du noir; on l'obtient en ajoutant du blanc au noir, c'est-à-dire de la farine épaissie à l'eau.

Couleur jaune rongeant sur le rouge, le ponceau, l'amaranthe, le bleu, le vert, et sur toutes les couleurs qui ne contiennent point de sel de fer ou de cuivre. — 100 gr. farine pour litre d'eau; ajouter à froid de 100 à 300 gr. acide nitrique pur, et laisser le mélange en contact pendant huit jours au moins avant de s'en servir. Le rongeant est encore bien meilleur s'il est préparé plusieurs mois à l'avance.

COULEURS POUR L'IMPRESSION DES VELOURS DE COTON (genre vapeur).

Rouge. 1 litre bain de Fernambouc à 6°, chauffez à 35°; et faites dissoudre 500 gram. alun; 250 gram. acétate de plomb; 65 gram. sel marin. Laissez reposer le mélange pendant 24 heures, et tirez le clair; préparez séparément 2 litres 1/2 bain de Fernambouc à 6°, mélangé avec 125 gram. cochenille en poudre, faites bouillir et réduire à 2 litres. Lorsque ce bain est froid et filtré, vous le mélangez avec la première solution dans la proportion de 1 partie sur 3 parties de la première solution; vous ajoutez ensuite : 375 gr. gomme pour épaissir; 31 gram. bi-chlorure d'étain; 5 gram. nitrate de cuivre

Jaune. 1 litre graine de Perse à 10°; 375 gram. gomme; 75 gram. protochlorure d'étain; faites bouillir pendant 5 minutes.

Bleu. 1 litre 1/2 eau; 3/4 litre acétate d'alumine à 10°; 750 gram. gomme; faites bouillir et laissez refroidir à 45°; vous ajoutez 325 gram. prussiate de potasse, et 75 gram. acide oxalique.

Vert. 1 litre graine de Perse à 10°; 500 gram. prussiate de potasse; on fait bouillir le mélange à la température de 50°. Après le refroidissement, vous mettez dans la solution 250 gram. acide tartrique; vous prenez 1/4 litre de ce bain dans lequel vous faites dissoudre 125 gram. alun, et 20 gram. bi-chlorure d'étain à 50°. D'un autre côté, vous épaississez les 3/4 litre qui restent avec 375 gram. gomme, que l'on fait fondre à 50°; et vous ajoutez ensuite le 1/4 de litre du bain précédent.

Violet. Dans 4 litres acétate d'alumine à 10°, on ajoute du bois de campêche en copeaux autant que le liquide peut en contenir; on fait bouillir pendant 1/4 d'heure, et on filtre le mélange au travers d'un tamis; on fait réduire à moitié le bain tiré à clair, en y ajoutant petit à petit 31 gram. d'acide oxalique, et 700 gram. gomme en poudre; puis à froid, 16 gram. prussiate de potasse dissous dans une petite quantité de bain froid.

Noir. 2 litres bain de campêche à 4°; 1/2 litre bain de pyrolignite de fer à 5°; 50 gram. amidon blanc; 160 gram. amidon grillé; on fait bouillir pendant 5 minutes environ, et on laisse refroidir à 45°; on ajoute ensuite à froid 325 gram. nitrate de fer; et vous remuez le mélange jusqu'à l'entier refroidissement.

On emploie ces couleurs, comme dans l'impression sur les tissus de coton (genre vapeur), en ayant toujours la précaution de mordanter et d'exposer les étoffes imprimées pendant 24 heures, dans une atmosphère un peu humide, avant et après le fixage.

MORDANTS, COULEURS ET PRÉPARATIONS POUR FAIRE DES DESSINS SUR LES TISSUS DE COTON GARANCÉS.

Mordant A. (pèse 8°). — 260 litres eau (mieux 160 litres eau, 100 litres vinaigre), 30 litres fernambouc, 70 kilogr. 1/2 alun, saturer par 4 kilogr. 67 gram. potasse dissoute dans 10 litres d'eau, 4 kilogrammes 687 gram. sel marin, 57 kilogr. acétate de plomb; bien agiter et employer trois jours après le dépôt formé.

Mordant B (pèse 100°). — 190 litres eau, 50 kilogr. alun, 50 kilogr. carbonate de soude, 75 livres acétate de plomb.

Mordant C (pèse 10 à 12°). — 114 litres eau, 36 litres vinaigre, 37 kilogr. 500 gram. alun, 3 kilogr. craie, 28 kilogr. 500 gram. acétate de plomb.

Le mélange des mordants B et C, dans diverses proportions, donne des rouges variés et beaux.

Impressions avec dessin groseille. — Traitement des pièces comme pour les garancés ordinaires, c'est-à-dire blanchir sur le pré, et au savon, ou au chlorure de chaux. Imprimer le mordant suivant : 1 litre mordant rouge A, 125 gram. amidon, 62 gram. sel d'étain. Le lendemain, ou tout au plus deux jours après, on lave les pièces dans 25 seaux eau. Passer les pièces dans un bain composé de 1/2 à 2 boisseaux son, 2 1/2 pains de craie, pendant 15 minutes, à la température de 45 à 55°; laver, battre.

Bain de teinture. — 2 kilogr. 1/2 son, décoction de 1 livre cochenille dans 16 seaux eau, dans lesquels on plonge les étoffes et on les y maintient à 45 ou 55°, jusqu'à ce que la nuance soit bien montée; laver, battre, sécher.

Si on laisse séjourner trop longtemps les pièces après l'impression, et si on les teint dans un bain trop chaud, ou trop longtemps, on produit une couleur maigre.

Noir d'application sur les garancés. — 1 litre 1/2 Campêche à 4°, 1/4 litre noix de galle à 6°; cuire avec 187 gram. amidon; ajouter 31 gram. sulfate de fer, 8 gram. sulfate de cuivre, 8 gram. acétate de cuivre, 187 gram. nitrate de fer, 21 gram. huile d'olive.

DES DIFFÉRENTS GENRES D'IMPRESSION.

Après avoir décrit les couleurs servant à l'impression des tissus, il importe d'en indiquer l'usage avant de décrire les procédés employés pour le travail. Ainsi que nous l'avons déjà dit, les couleurs garancées se produisent dans le bain de teinture, et les couleurs genre vapeur (on voit par leur composition qu'elles sont mélangées avec leurs mordants) sont appliquées directement, et fixées par le chauffage à la vapeur. Nous emprunterons à l'excellent Traité de Chimie élémentaire de M. Girardin quelques principes généraux sur le mode de les fabriquer.

Si on imprime à l'avance sur un morceau de toile de coton des dessins avec de l'acétate d'alumine, d'autres avec de l'acétate de fer, et enfin quelques-uns avec un mélange de ces deux sels; en passant la toile dans un bain de garance, nous aurons des dessins rouges avec le premier mordant, des dessins noirs avec le second, des dessins puces avec le troisième

De même, en passant dans un bain de quercitron une toile chargée par places de mordant d'alumine, puis de mordant de fer, puis d'un mordant mixte composé des deux premiers, on a des dessins jaunes, fauve-verdâtres et olives.

Pour avoir une indienne fond blanc chargée de dessins noirs, rouges et jaunes, on imprime d'abord le mordant de fer; on *rentre* le mordant d'alumine; puis on passe dans un bain de garance, qui donne les deux premières nuances; on blanchit le fond blanc, et on rentre le jaune au moyen d'une décoction de quercitron, additionnée de dissolution d'étain et épaissie à la gomme; on lave à l'eau courante et on sèche, ou bien on rentre un mordant d'alumine, et on teint dans un bain de quercitron.

Pour les dessins *bleus*, on rentre sur l'indienne, déjà garancée, un mélange d'indigo, de soude caustique, et de chlorure d'étain convenablement épaissi; puis on passe dans une solution légère de potasse ou de soude, ou dans une eau de chaux saturée.

Pour les dessins chamois et rouille, on rentre avec un mordant d'acétate de fer plus ou moins concentré et épaissi; on passe dans une eau de savon; puis on rince. C'est alors du peroxyde de fer qui est fixé sur la toile.

Pour les dessins solitaires ou bronzes, on rentre avec une solution de sulfate ou de chlorure de manganèse; puis on passe dans de la lessive caustique, et ensuite dans un bain de chlorure de chaux, qui fait déposer, et qui fixe sur la toile du peroxyde de manganèse qui la colore.

Pour les couleurs brunes, carmélites et bois, on rentre avec une décoction de cachou épaissie et additionnée d'acétate de cuivre et de sel ammoniac.

Le bleu solide sur toile se produit avec l'indigo. Pour obtenir des dessins blancs et colorés sur un fond bleu, on imprime à l'avance, sur les endroits qui doivent présenter ces dessins, des compositions qui portent le nom de *réserves*, et qui ont pour objet, en fournissant de l'oxygène à l'indigo dissous dans les cuves, de le rendre insoluble et impropre dès lors à se fixer sur la toile. Le sulfate et l'acétate de cuivre, jouissant de la propriété de réoxygéner instantanément l'indigo soluble, sont surtout les substances qui font la base des réserves. Les sels de zinc servent aussi au même usage. On épaissit la dissolution de ces sels, mêlés en proportions convenables, avec de la gomme et de la terre de pipe ou de la farine On imprime la réserve comme les mordants, et 24 heures après, on passe la toile dans une cuve de bleu à froid. L'indigo teint en fond uni toutes les portions non réservées. Après la mise en teinture, on passe la pièce dans de l'acide sulfurique faible pour enlever l'oxyde de cuivre qui s'est précipité dessus. Au sortir de ce bain acide, les toiles sont portées de suite à la rivière, où on les laisse tremper jusqu'à ce que toute la réserve soit emportée. Les dessins blancs apparaissent alors sur le fond bleu. Ces indiennes sont connues sous le nom de *bleu en réserve*.

Lorsqu'on veut produire des dessins colorés sur un fond bleu, on introduit des mordants dans la réserve; puis au sortir de la cuve à indigo, on lave la pièce pour enlever la réserve, et on la teint dans un bain de garance et de quercitron, selon la couleur qu'on veut obtenir. Ce genre d'indienne, par réserves mordantées, est connu sous le nom de *lapis*.

Quelquefois on introduit dans la réserve des sels qui, devant se trouver plus tard en présence de certains autres, produiront sur le fond bleu des dessins colorés, dus aux précipités résultant de la double décomposition qui s'effectuera au moment du contact des sels différents. C'est ainsi que, si l'on ajoute à la réserve des sels de plomb, et qu'on passe ensuite la toile, au sortir de la cuve au bleu, dans un bain de chrômate de potasse, on aura des dessins jaunes. Ils seraient *orangés*, si le bain de chrômate était additionné d'une certaine quantité de chaux, et maintenu à la température de l'ébullition.

Très souvent on s'y prend d'une tout autre manière pour avoir des dessins de diverses couleurs sur un fond uni. Tantôt, après avoir mordanté une toile, on applique en des points déterminés, au moyen des planches, des substances qui ont la propriété de dissoudre le mordant, et d'empêcher ainsi que la couleur ne prenne dans ces endroits, ce qui produit des dessins blancs sur le fond coloré. Ce sont ordinairement des acides végétaux, *citrique*, *tartrique*, *oxalique*, auxquels on associe quelquefois les acides minéraux, en petites quantités, pour aider à leur action. Tous dissolvent très bien l'alumine et le peroxyde de fer appliqués sur les toiles. On les épaissit avant de les imprimer.

Supposons qu'on ait appliqué sur du calicot un mordant d'acétate de fer pour le teindre en noir; si, lorsque le mordant est bien sec, on imprime un mélange d'acides nitrique, oxalique et sulfurique, épaissi avec de la terre de pipe et de la gomme; qu'on fasse sécher, qu'on lave et qu'on garance, la couleur noire se produira sur toute la toile, à l'exception des points où le rongeant aura été imprimé, parce que le rongeant aura enlevé le mordant en formant des sels de fer solubles. Ces points resteront donc blancs. C'est ainsi qu'on fait les toiles pour deuil.

On conçoit que ce qu'on fait sur le mordant de noir peut se faire de même sur les fonds de couleur puce, carmélite, violette, rouge, etc., puisqu'il ne s'agit que de passer d'abord un mordant de l'une de ces couleurs, puis d'appliquer un rongeant blanc convenable, et enfin de garancer.

Tantôt, après avoir teint une toile en une couleur déterminée, on imprime sur elle des rongeants qui détruisent la couleur qu'elle a reçue.

Soit une toile teinte en solitaire au moyen du peroxyde de manganèse. Si on imprime sur cette étoffe teinte une dissolution, épaissie de sel d'étain, celui-ci va ramener le peroxyde à l'état de protochlorure de manganèse, que le lavage entraînera, et par conséquent la toile redeviendra blanche là où le rongeant aura porté son action. On aura donc des dessins blancs sur un fond solitaire ou bronze.

Si l'on veut que les dessins, au lieu de rester blancs, aient une couleur différente, alors on mêle au rongeant, avant de l'appliquer, la couleur que l'on veut produire,

parce qu'aussitôt que la nuance du fond est détruite, la couleur s'applique aux endroits que le rongeant a blanchis.

Pour avoir des dessins jaunes sur un fond bronze, on imprime un rongeant jaune composé de sel d'étain et de chrômate de plomb épaissis ; ou bien un mélange de sel d'étain, d'alun, et de bain de quercitron concentré.

Pour des dessins bleus, on ajoute au rongeant du bleu de Prusse délayé dans de l'acide hydrochlorique.

Pour les *verts*, on emploie un mélange de ce bleu avec le jaune ci-dessus indiqué

Pour les teintes orangées, on se sert du sous-chrômate de plomb.

Souvent, pour ronger les couleurs, et surtout les couleurs de grand teint avec la garance, on se sert du chlore ; c'est ce qu'on appelle alors *des enlevages*. M. Daniel Kœchlin a fait connaître ce mode d'opérer, il y a une quinzaine d'années. Il consiste à imprimer, à la manière ordinaire, un rongeant blanc composé d'acides oxalique, tartrique ou citrique, sur les parties que l'on veut avoir blanches, et à passer ensuite rapidement l'étoffe dans une solution de chlorure de chaux, qu'on appelle cuve décolorante.

L'acide du rongeant appliqué sur la toile, décompose le chlorure, s'empare de sa base et met en liberté le chlore. Ce dernier ronge la couleur rouge et laisse du blanc partout où il a exercé son action. On lave de suite à grande eau, au sortir de la cuve décolorante, pour éviter que les liquides ne s'étendent et ne rongent plus qu'il ne faut.

En 1822, MM. Montheith et compagnie, de Glascow, imaginèrent un autre moyen fort ingénieux pour produire, par l'emploi du chlore, et à l'aide d'une presse hydraulique que nous décrivons ci-après, des dessins blancs sur des mouchoirs teints en rouge d'Andrinople.

IMPRESSION DES DESSINS SUR FONDS GARANCÉS, AVEC DES RONGEANTS OU DES COULEURS RONGEANTES.

Nous avons donné déjà la composition des mordants et des bains de teinture pour impression des étoffes (genre garancé), et la composition des couleurs d'application (genre vapeur) ; il nous reste donc, pour donner idée de la fabrication de tous les genres de tissus imprimés, à passer en revue les procédés qui reposent sur l'emploi des rongeants.

Le plus ordinairement on désigne les couleurs rongeantes sous le nom de rongeant rouge, vert, etc., suivi du nom du fond que l'on veut ronger. Souvent le même rongeant prend une autre désignation selon l'usage qu'on veut en faire. Ainsi, par exemple, le rongeant blanc sur fond solitaire prend celui de rongeant jaune sur fond olive.

Nous allons décrire succinctement les procédés actuels de ce genre de fabrication, en suivant la marche progressive des travaux, et donnant la série complète des opérations. Pour l'intelligence de la description, nous commencerons par donner la signification de quelques mots techniques ; ainsi, *plaquer, foularder* un mordant, désigne l'opération d'imprimer le mordant sur les deux côtés de l'étoffe ; *matter* veut dire imprimer le mordant sur un seul côté.

Fonds garancés avec rongeant-blanc. Rouge et blanc. (pour 24 mètres). — 1° Plaquer le mordant de rouge à 8°, épaissi avec 16 gram. salep ou gomme adragante par litre ; 2° deux jours après, cylindrer et imprimer avec le rongeant suivant : 1/4 litre eau, 157 gram. amidon, 250 gram. acide oxalique, 500 gram. acide tartrique, 16 gram. acide muriatique, 375 gram. terre de pipe, 1/64 litre acétate d'indigo à 10° ; deux jours après ; 3° dégommer dans un bain de 25 seaux eau, 2 1/2 pains de craie, 1 boisseau de son, à 55° C. de température pendant 1/4 d'heure ; laver, battre deux fois ; vider le bain de son à moitié, et emplir d'eau ; 4° ajouter 1 seau de bouse, chauffer pendant 1/2 heure à 65° C. ; laver, battre quatre fois ; 5° teindre avec 1 kil. 310 gram. garance, 62 gram. sumac, 37 gram. craie, 1 boisseau son. 1re heure 30 à 45° C., 2me h. 45 à 50°, 3me h. 50 à 70°, 4me h. 100° C. ; 6° laver dans un bain léger de savon et de chlore.

Puce et blanc (pour 2 robes). — Pour plaquer, 1 litre pyro-lignite de fer à 6°, 1 litre mordant de rouge à 8°, 500 gram. gomme. Après deux ou trois jours passer dans l'eau chaude à 55° C. trois tours ; laver, battre deux fois, sécher, cylindrer ; imprimer ensuite le rongeant du rouge ; après deux jours, débouser à 70° C., pendant 1/4 d'heure, dans un bain formé de 1 seau bouse, 3 pains de craie, 25 seaux eau ; laver, battre ; deuxième débousage sur un bain frais, comme le précédent, 1/2 heure à 70° C., laver, battre, teindre en deux fois. Premier bain de garançage pour 5 pièces ou 60 mètres, pendant 2 heures, 125 gram. sumac, 1 kilogr. 500 gram. garance, 1 kilogr. son, à la température de 45 à 55° C. Deuxième bain de garançage, 125 gram. sumac, 1 kilogr. 500 gram. garance, 1 kilogr. son, 10 pains 1/2 craie, température de 55 à 100° C. ; aviver dans un bain de savon et de chlore ; exposer sur le pré.

Puce, blanc, et rouge. — Préparer comme ci-dessus, imprimer d'abord le rongeant blanc sur rouge, puis le rongeant rouge composé de : 1 litre mordant de rouge à 8°, 125 gram. amidon, 93 gram. sel d'étain ; après deux ou trois jours de repos débouser pendant 1/2 heure à 75° C. dans 25 seaux eau, 1 seau de bouse, 2 1/2 pains de craie (pour 1 robe de 12 mètres) ; laver, battre, et teindre, pendant 2 heures à 45°, avec 100 gram. garance, 1 kilogr. son, 31 gram. craie ; laver pendant 2 heures à 55 ou 65° C., avec moitié du bain précédent, 375 gram. garance, 2 litres Fernambouc à 10°, 2 litres décoction de cochenille ; laver dans un bain de son de 75 à 100° C. ; laver à la rivière et sécher.

Fond rose garancé, et blanc. — 1° Matter à la main avec mordant de rouge à 3°, épaissi légèrement à la gomme adragante ou de Sénégal ; deux jours après, passer deux tours à l'eau chaude à 65° C. ; laver, battre, sécher et cylindrer. Imprimer un rongeant blanc faible, débouser en deux fois en bouse et craie à 70° au plus ; bien nettoyer et teindre : 2° matter comme ci-dessus et sans passage à l'eau chaude, imprimer de suite avec le rongeant, débouser comme ci-dessus, teindre pendant 2 heures de 45 à 55°, et 2 h. de 55 à 75° C., avec 1 kilogr. 500 gram. garance, 37 gram. craie, 3 kilogr. son (pour 24 mètres) ; bien rincer à la rivière ; 3° passer dans un bain de savon à 1 kilogr. 500 gram., 1/4 heure de 55 à 65° C. ; laver, passer dans eau tiède, contenant un peu dissolution d'étain (sel d'étain dissous dans l'acide nitrique) laver ; 4° passer dans autre bain de savon bouillant, laver ; 5° passer dans l'acide sulfurique à 1° ; laver ; 6° enfin, passer dans un bain de savon bouillant, et laver.

Fond amaranthe et blanc. — Plaquer avec mordant de rouge à 10° épaissi par 16 gram. salep ou gomme adragante par litre ; deux jours après cylindrer et imprimer le rongeant blanc, le lendemain dégommer dans l'eau à 45° ou 55°, avec 3 seaux son, 4 à 5 pains craie (pour 24 mètres) ; laver, battre, rincer, teindre dans un bain composé de 250 gram. garance, 1 boisseau son, 500 gram. cochenille, 3 à 6 litres Fernambouc à 10°, 45 à 65° jusqu'à la nuance ; laver, passer dans un bain de son à 65° pendant 1/4 heure, et laver ; repasser dans un bain très léger d'ammoniaque pour virer au violet et nettoyer bien le blanc ; 3 à 4 litres de Campêche, ajoutés au bain de garance, donne des nuances plus foncées et qui sont modifiées par l'ammoniaque en teintes fort agréables à l'œil.

Gris et rose, ou cerise rouge cochenillé. — *Gris*, 6/4 li-

tres pyro-lignite de fer à 3° 3/4 litres eau, 1/2 litre vinaigre, 1/16 litre sulfate de cuivre (à 125 gram. par litre), 1 kilogr. 250 gram. gomme. Le lendemain on imprime le rongeant rouge suivant; 1 litre mordant rouge A à 7°, 1 litre mordant rouge B, 250 gram. amidon, ajouter à froid 125 gram. sel d'étain. Le lendemain on dégomme comme pour le rose et groseille on rentre dans le bain de garance avec son et craie, comme pour les couleurs cochenillées; on lave, etc.

Lilas et noir d'application. — C'est le rose ou groseille auquel on ajoute du bain de Campêche.

RONGEANTS SUR ORANGÉ.

Blanc.—1 litre eau ; 141 gram. amidon ; 125 gram. acide oxalique ; 125 gram. acide tartrique ; 250 gram. deuto chlorure d'étain ; épaissir avec un peu de terre de pipe ou de kaolin.

Noir. — 1 litre Campêche à 4°; 137 gram. amidon ; 31 gram sulfate de cuivre ; 16 gram. huile ; 125 gram. nitrate de fer.

Bleu. — 2 litre eau; 125 gram. amidon ; 62 gram. acide oxalique ; 31 gram. acide tartrique; 125 gram. deuto-chlorure d'étain ; 62 gram. do bleu de Prusse.

Violet.— 1/4 litre Campêche à 4°; 1/2 litre mordant de rouge ; 1/2 litre eau ; 125 gram. amidon ; 47 gram. acide tartrique ; 137 à 187 gram. oxy-muriate d'étain.

RONGEANTS SUR BRONZE ET MARRON.

Les mêmes que bleu et blanc sur bistre et solitaire. Les rongeants rouges sont mauvais.

Fond bleu de Prusse avec dessin rouge et blanc (teinture par quatre pièces de 60 mètres).—1er bain : 3 litres de bleu Raymond (tartro-sulfate de peroxyde de fer); 250 gram. sel d'étain ; 20 seaux d'eau environ. 2e bain ; 625 gram. prussiate jaune; 375 à 500 gram. acide sulfurique. Rester 15 minutes dans le 1er bain et rincer; 10 minutes dans le 2e, d'abord sans acide et rincer; 10 minutes au 2e, avec acide et rincer. Répéter chaque opération encore une ou deux fois et laver.

Rongeant à la planche à la main. — 4 litres lessive caustique à 10° ; 2 kilog. léiocome.

Rongeant à la planche plate. — 2 litres 1/2 lessive caustique à 12°; 1 kilog. 500 gram. léiocome.

COULEURS RONGEANTES SUR FOND BISTRE OU SOLITAIRE.

Rouge n° 1. — 1/2 litre cochenille à 125 gram. par litre ; 1/2 litre Fernambouc à 3° 1/2 ; 31 gram. gomme adragante ; le lendemain, ajouter 62 gr. alun ; 125 gr. oxy-muriate d'étain ; 187 gram. sel d'étain.

COULEURS RONGEANTES SUR FOND CLAIR.

Rouge n° 2.—Faire séparément. Couleur A : 1/2 litre Fernambouc à 3 ou 4° ; 31 gram. gomme adragante ; 125 gram. précipité rouge ; 1/32 litre nitrate d'alumine à 15° 62 gram. oxy-muriate d'étain. Couleur B : 1/2 litre Fernambouc ; 31 gram. nitrate d'alumine ; 31 gram. oxy-muriate d'étain ; le lendemain, mélanger A et B, et ajouter 125 gram. sel d'étain.

Blanc.—1 litre d'eau ; 187 gram. amidon ; 125 gram. acide tartrique ; 93 gram. acide oxalique ; 312 à 375 gram. sel d'étain ; 31 à 47 gram. acide sulfurique.

Noir d'application sur blanc. — Le même que sur orangé. Le lendemain, laver, battre, passer en acide sulfurique faible; rincer, exprimer au foulard, sécher.

Couleur marron sur coton. — 1 litre cachou à 10° ; 47 gram. sulfate de cuivre ; 125 gram. nitrate de cuivre; gommer ; passer au lait de chaux tiède, puis au bi-chrômate de potasse tiède, et laver.

Bois. — 1 litre cachou à 10° ; 93 gram. nitrate de cuivre ; 157 gram. amidon grillé ; passer au lait de chaux et au bi-chrômate comme le marron.

Cramoisi vif sur coton. — 1/2 litre mordant A ; 62 gram. amidon ; 31 gram. sel d'étain. Imprimer avec cette composition, passer dans un bain de craie à 50° C., laver, battre et teindre dans : 18 seaux d'eau, 1 kilog. 200 gram. son, 500 gr. cochenille ; maintenir à 45° C. jusqu'à ce que la couleur monte bien ; alors porter au bouillon. Le Fernambouc donne aussi un brun rouge; le Campêche un beau puce.

Bleu sur coton. — 1 litre d'eau ; 500 gram. prussiate jaune ; 500 gram acide tartrique ; laisser déposer, tirer le clair, et y ajouter 312 gram. de gomme pour épaissir. Imprimer, laisser reposer pendant 40 minutes pour fixer, passer ensuite au bi-chrômate à 35 à 40° C., laver et sécher.

COMPOSITIONS POUR FONDS MÉTALLIQUES.

Vert. — Plaquer avec de l'acétate de cuivre à 23°, épaissi par 16 gram. gomme adragante par litre ; lessive caustique à 12° ; 250 gram. arsenic blanc dans 20 seaux d'eau à 55° centig.; laver.

Bleu. — Comme le vert sans arsenic.

Bistre. — Plaquer avec de l'acétate de manganèse, formé avec 15 kilog. sulfate de manganèse, 25 litres eau, 7 kil. 1/2 acétate de plomb, 25 litres eau, à 12°; épaissir avec 37 gram. gomme adragante ; sécher sans faire de plis ; passer à la lessive caustique à 12°; laisser oxyder à l'air ; laver.

Marron. — 2 litres acétate de manganèse à 12° ; 2 litres pyrolignite de fer à 10° ; 40 gram. gomme adragante ; passer à la lessive caustique à 12° ; laisser monter à l'air, et laver.

Bronze. — Plaquer avec le mordant formé de : 1 partie acétate de cuivre à 23° ; 1 partie acétate de manganèse à 12° ; passer dans la lessive caustique à 12° ; laisser oxyder à l'air ; laver.

Mordant orangé. — 2 kilog. 1/2 acétate de plomb ; 1 kilog. 250 gram. litharge ; faire bouillir avec 6 litres eau ; employer le clair.

Orangé. — Mordantez avec le mordant orangé ci-dessus; sécher; passer en eau de chaux trouble et tiède (20 seaux eau, 1 à 2 kilog. chaux); bien laver ; passer dans un bain de bi-chrômate de potasse à 1° ou 1° 1/2; monter la couleur à l'eau de chaux claire et bouillante pendant 5 minutes.

Jaune.— Comme orangé ; passage au bi-chrômate de potasse acidulé par acide nitrique ou muriatique, ou acétique.

IMPRESSION DES TISSUS DE SOIE (genre garancé).

Pour garancer une pièce de cinquante foulards on fait bouillir pendant un quart d'heure dans une quantité d'eau suffisante, 6 kilogr. son; 93 gram. agaric; 825 gram. colle forte, et on verse cette dissolution dans la cuve où l'on doit garancer, et qui doit être préalablement remplie d'eau froide. On verse ensuite 3 litres sang de bœuf frais, et on mêle bien ; on passe la pièce de cinquante foulards, dont les deux bouts sont attachés pour ne former qu'une pièce sans fin, dans ce bain pendant un quart d heure, en ayant soin de la tenir bien au large sur le tourniquet (fig. 1244), puis on relève la pièce en dehors de la chaudière dans laquelle on met 5 kil. garance d'Alsace, et 375 gram. sumac.

Lorsque la dissolution est opérée, on fait retomber les pièces dans la chaudière, que l'on chauffe insensiblement pendant 1 heure, jusqu'au bouillon qui ne doit durer, du reste, que 5 à 10 minutes au plus. On retire ensuite les foulards de la chaudière, et on les fait battre et laver jusqu'à ce que l'eau s'écoule très claire. Cette pièce, en sortant du garançage, est très chargée en couleur ; pour la blanchir, on la fait bouillir dans

IMPRESSION SUR ÉTOFFES.

un bain de son pendant une 1/2 heure, on la rince et fait sécher.

Mordants, couleurs et diverses préparations pour faire des dessins sur tissus de soie, soit au moyen des couleurs rongeantes, soit au moyen des réserves.

Nous donnerons seulement quelques exemples pour faire bien comprendre les différents procédés.

Dessins bleus et blancs. Mordant pour bleu. — Acétate de fer ou mordant de bleu Raymond (voyez TEINTURE) étendu avec une suffisante quantité d'eau pour obtenir 4°; on passe les pièces de foulard dans ce mordant pendant une heure; puis on les enlève pour exprimer l'excès du mordant, soit par le tordage dans un filet (voyez page 1092, § 3), soit par tout autre moyen; et on les fait sécher sur le mordant pendant 24 heures; on donne ensuite un passage en bouse ou en craie à la température de 40°, pour enlever toute la roideur de l'étoffe; puis on les rince à l'eau claire, et on les bat bien.

On les passe ensuite à froid dans un bain de prussiate de potasse, auquel on ajoute un peu d'acide sulfurique; on les travaille dans ce bain à l'aide d'un trinquet pendant trois quarts d'heure ou une heure; enfin, on les rince, et on les étend pour les faire sécher.

Rongeant pour imprimer ou former le dessin blanc. — 1 litre potasse caustique à 24°; 375 gram. amidon grillé.

Quand les pièces imprimées avec la couleur rongeante ci-dessus ont reposé pendant 24 heures, on les lave bien sans les tordre et sans les battre; on les passe ensuite dans un bain d'acide sulfurique pour enlever la couleur rouille du mordant jusqu'à ce que l'on s'aperçoive que le blanc du dessin est net et pur.

Dessin rouge et noir. — On passe les pièces dans l'eau fraîche pour les faire tremper et les disposer ainsi à prendre le mordant, et on les tord. On prend du mordant de bleu Raymond, auquel on ajoute moitié de son poids d'eau pour l'amener à une densité moindre; on y passe les pièces pendant une heure; on les tord; les pièces sont ensuite séchées sur le mordant pendant 24 heures, lavées soigneusement, battues, essorées, séchées, et imprimées enfin avec la couleur rongeante suivante :

Couleur rongeante. — 1 litre eau bouillante; 375 gr. sel d'étain; 125 gram. bi-oxalate de potasse (sel d'oseille); 125 gram. dissolution d'étain. On laisse reposer cette dissolution pendant 24 heures, et on en soutire le clair qu'on épaissit avec 375 gram. amidon grillé par litre. Ensuite on passe les étoffes dans un bain de son à 30° de chaleur pendant 10 minutes; on les rince et bat bien. Puis on les teint en rouge dans un bain de Fernambouc, fait avec 1/5 bain et 4/5 eau, et auquel on ajoute un peu de son; on entrera les pièces dans le bain à 20° de chaleur, et on le chauffera peu à peu, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que la couleur soit assez montée; mais on ne fera pas bouillir. Sans cette précaution indispensable, le rouge deviendrait obscur et terne. Cette opération doit durer 3/4 d'heure ou 1 heure au plus; lorsqu'elle est terminée, on rince les pièces, et on les bat jusqu'à ce que l'eau en sorte très claire.

Si l'on veut avoir des nuances plus ou moins violetées, on passe les étoffes dans un bain léger d'ammoniaque.

Dessin orangé par l'acide nitrique, appelé communément *mandarin*. — *Réserve :* 1[k] térébenthine de Venise; 2[k] colophane; 1[k] suif épuré; 1[k] cire. On fait fondre ces drogues sur un feu doux, en commençant par le suif et la cire; puis la colophane; et enfin, la térébenthine de Venise.

Les pièces sont imprimées avec cette réserve, puis séchées pendant un ou deux jours; ensuite, on les passe pendant deux minutes dans le bain acide formé de 1 partie eau pure, 2 parties acide nitrique, et que l'on chauffe à 50°; en sortant du bain, on les jette immédiatement dans l'eau claire, où on les rince bien pendant un quart d'heure. Après cette opération, on les fait bouillir pendant un quart d'heure dans un bain de savon, composé de 630 gram. savon et de 31 gram. potasse ordinaire par coupe de 7 mouchoirs. On rince et bat les pièces, et on les trempe de nouveau dans un bain de potasse, à raison de 16 gram. par coupe de mouchoirs, et à la température de 40 à 50°; on les lave et on les étend pour les faire sécher.

ÉPAISSISSEMENT DES MORDANTS ET DES COULEURS.

On emploie dans la composition des mordants et des couleurs, soit de la gomme du Sénégal, soit de l'amidon ou de la fécule à l'état naturel, soit de l'amidon de blé torréfié ou de la fécule torréfiée, soit de la farine. Ces substances végétales ont pour objet unique de donner aux couleurs et aux mordants une consistance homogène, épaisse et sirupeuse, afin qu'ils ne puissent pas s'étendre au-delà des traits du dessin imprimé. Mais, pour opérer convenablement, on verse peu à peu le bain de couleur tiède sur le corps gommeux. Toutefois, chacune de ces substances gommeuses, prise isolément, a un emploi tout à fait distinct, parce qu'elle donne aux liquides dans lesquels on la dissout une consistance fort différente. De plus, il est certains agents chimiques qui ne peuvent recevoir l'action de la chaleur sans éprouver quelque altération ou modification.

Le tableau ci-après, dû aux observations de M. Édouard Schwartz, de Mulhouse, fera parfaitement comprendre la nature des réactions chimiques auxquelles il faut avoir égard quand on épaissit des mordants et des couleurs.

D'après M. Thillaye, la plupart des réactifs ne font pas éprouver de changements sensibles à la solution de gomme étendue d'eau, sauf l'acétate de plomb qui forme

Les gommes ci-contre traitées à froid par :	Fécule blanche.	Fécule torréfiée.	Gomme arabique.	Gomme adragante.
Le stannate de potasse.	Un coagulum à la longue.	Coagulum instantané.	Coagulum.	Point d'effet.
L'aluminate de potasse.	Point d'effet.	Point d'effet.	Dito.	Dito.
L'acétate d'alumine. .	Dito.	Dito.	Point d'effet.	Dito.
Le proto-acétate de fer.	Dito.	Dito.	Dito.	Dito.
Le deuto-chlorure d'étain.	Dito.	Dito.	Coagulum blanc qui se redissout.	Dito.
Le deuto-sulfate de fer.	Dito.	Dito.	Dito.	Coagulum.
Le gallate de fer. . . .	Dito.	Dito.	Coagulum à la longue.	Point d'effet.

un précipité abondant. L'acide sulfurique, le persulfate de fer, le sulfate d'étain, les nitrates de fer, de plomb, de cuivre, de mercure, les chlorures de fer, de zinc, forment un coagulum plus ou moins abondant.

Les dissolutions d'étain, les nitrates de fer, de cuivre, les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique, oxalique et tartrique, ont la propriété d'éclaircir la gelée d'amidon. Cet effet est d'autant plus sensible que la gelée est encore chaude.

Les solutions acides et alcalines, les nitrates d'alumine, de fer, de plomb et de mercure ne peuvent s'épaissir avec l'amidon.

Lorsqu'on fait cuire l'amidon avec une infusion de noix de galle, la solution est homogène; mais par le refroidissement, il se forme un précipité abondant.

Quoi qu'il en soit, et nous répétons textuellement l'opinion de M. Schwartz, fabricant distingué de Mulhouse, la fécule ou l'amidon peuvent être considérés comme le prototype des épaississants qui donnent lieu à une consistance d'empois; leur usage est indispensable pour presque toutes les impressions faites à la main.

La gomme du Sénégal, le prototype des gommes, produit des dissolutions de nature visqueuse, mais coulantes, et est principalement appropriée pour l'impression des fonds de toute espèce.

Enfin la gomme adragante peut être admise pour le prototype des mucilages, car elle fournit une consistance intermédiaire entre les deux précédentes; elle peut servir dans les cas où les propriétés chimiques de l'amidon ou de la gomme du Sénégal sont un obstacle à leur emploi. C'est effectivement d'après ces principes connus que quelques fabricants emploient secrètement de la gomme adragante, soit seule, soit alliée à un autre corps gommeux, dans l'épaississement de certaines couleurs.

L'amidon torréfié trouve ses applications les plus nombreuses dans l'épaississement des mordants pour bon teint, imprimés à la main, le jaune excepté, parce qu'il est un peu terni par les parties charbonnées que cette substance gommeuse contient; mais certaines compositions destinées pour l'impression excluent entièrement l'amidon grillé, soit à cause des impuretés qu'il contient, soit parce qu'il produit des effets dont les causes n'ont pas encore pu être bien déterminées.

La fécule grillée remplace aussi la gomme du Sénégal dans l'épaississement de plusieurs réserves et enlevages; on s'en sert également pour épaissir quelques couleurs d'application sur laine, soie et coton; mais un grand nombre de couleurs claires et lumineuses ne permettent pas l'emploi de cette substance, soit à cause de la teinte sale qu'elle leur communique, soit à cause de l'altération des nuances auxquelles elle donne lieu par suite de ses propriétés chimiques: ainsi, par exemple, elle jaunit un peu les nuances roses; elle fait virer le vert à l'indigo à l'olive, etc.

D'après les curieuses observations de M. Raspail, sur la fécule, on peut s'expliquer quelques difficultés que présente son emploi; d'abord elle ne donne jamais un empois aussi durable que la fécule de froment; celle-ci conserve sa consistance tant que la fermentation n'a pas lieu, tandis que la première se divise, par le refroidissement et par le repos, en un liquide gommeux et un dépôt formés en grande partie par les téguments. En effet, la consistance d'empois est due à l'état de suspension et d'agglomération intime de toutes ces pellicules dans le liquide gommeux; et comme cet état est dû particulièrement à la présence du gluten, et que la fécule de pomme de terre n'en contient pas, on peut se rendre raison, par-là, de l'inconvénient ci-dessus qu'elle présente. On peut y remédier, à la vérité, par une addition d'un sel de zinc ou de cuivre; mais ce remède n'est pas applicable dans toutes les circonstances.

La fécule torréfiée par un mode nouveau de l'invention de MM. Lefèvre et Chabert, et connue sous le nom de *léiocome*, présente cependant des qualités particulières que ne possède pas l'amidon torréfié par les procédés ordinaires sur des plaques rouges.

1° Elle est moins colorée que l'amidon de froment torréfié; cela peut s'expliquer en ce qu'elle contient moins de gluten et de téguments carbonisés.

2° Il en existe différentes sortes plus ou moins colorées, suivant les degrés de torréfaction. Ainsi, la sorte la plus claire est celle qui donne le dépôt le plus abondant à l'eau froide, puisqu'elle contient le plus grand nombre de grains de fécule encore intacts; la nuance la plus foncée, si elle a été poussée au degré de chaleur convenable, se dissout entièrement à l'eau froide, puisque tous les téguments s'y trouvent brisés et carbonisés par la torréfaction; mais c'est la sorte marquée n° 5, d'un roux foncé, que les imprimeurs considèrent comme le produit le plus gommeux et qui offre le plus d'applications.

Avec ces données, sanctionnées par l'expérience et par la pratique, on peut déterminer l'emploi des corps gommeux et épaississants de la manière suivante:

1° Pour imprimer un fond sur une étoffe, à l'aide d'une planche horizontale, on se sert de la gomme plus fluide, plus coulante et qui fait mieux raccorder les diverses portions de ce fond;

2° Par la même raison, la gomme s'emploie encore avec avantage pour les fonds imprimés au rouleau;

3° Pour imprimer à la main les dessins à traits délicats et fins, que l'on forme avec des lames de cuivre laminé, on emploie de préférence l'amidon cuit; mais, quand il s'agit d'imprimer des dessins détachés sur un fond, que l'on appelle communément *rentrures* ou *rentrages*, on fait usage de l'amidon ou de la fécule torréfiée, suivant la nature des couleurs.

L'épaississement des mordants a encore une grande influence sur la réussite de l'impression, et la combinaison du mordant avec le tissu.

Suivant M. Kœchlin-Schouch (voir *Bulletin de Mulhouse*, tome Ier, page 354), deux mordants de même densité, mais épaissis avec des substances différentes, donnent des teintes dont l'éclat et l'intensité varient suivant la nature de l'épaississant; ainsi, on remarque qu'un mordant épaissi à l'amidon se combine plus facilement avec l'étoffe, et fournit des teintes plus foncées, que le même mordant et la gomme; pour produire certaines couleurs, la gomme est préférable, parce qu'elle communique aux nuances plus de transparence, attendu que, malgré le dégorgeage, il reste toujours un peu d'amidon avec le mordant.

La différence d'intensité de couleurs provient quelquefois aussi de l'augmentation de volume, occasionné par certains épaississants qu'on est obligé d'employer à plus forte dose pour obtenir une consistance égale.

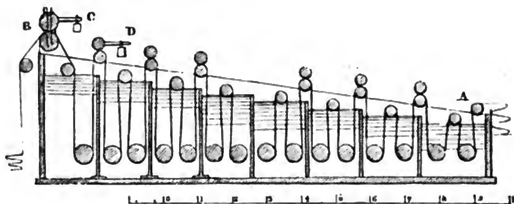
Un mordant auquel on donne beaucoup de consistance, au moyen de la gomme, présente cet inconvénient que, séchant trop rapidement, il ne se combine que peu à l'étoffe et ne fournit que des couleurs faibles, tandis qu'on peut, sans rien craindre, augmenter la consistance par l'amidon ou la farine, suivant le besoin du genre d'impression.

Lorsque plusieurs mordants, pour obtenir des teintes différentes, sont imprimés les uns sur les autres, on doit éviter qu'ils ne se confondent en se dissolvant. C'est ce qui a lieu surtout dans le cas où une impression délicate au rouleau est recouverte par un fond ou par de fortes masses de mordant. Alors il est essentiel que la première impression repose quelques jours avant d'y appliquer la seconde, et de varier les épaississants: ainsi, la première nuance, qui est toujours la plus foncée, pourra être épaissie en amidon; et la seconde en gomme du Sénégal, ou en amidon torréfié. Une impression déli-

cate au rouleau sera épaissie en amidon torréfié, et l'impression du fond en gomme du Sénégal. Dans ce cas, la première impression reste intacte, surtout si la dessiccation n'est pas trop lente. C'est dans le même but qu'on ajoute, pour marquer, à la première impression, une décoction de bois de Campêche et quelquefois d'acétate de cuivre ou d'indigo.

SÉCHAGE ET LAVAGE DES TOILES IMPRIMÉES.

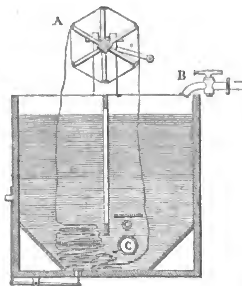
Après l'impression des mordants, on sèche les toiles dans un séchoir spécial, dans lequel on place des ventilateurs de distance en distance pour chasser, par l'évaporation, les acides employés dans la préparation des mordants. Les pièces doivent être bien étendues sur des lisoirs en bois, et la température du séchoir doit être de 50 à 55° pour que les bases des mordants se fixent solidement au tissu.



1249.

Bain de bousage.— On passe les étoffes dans le bain de bousage (voyez BOUSAGE), afin de les débarrasser de l'excédant des mordants et de l'épaississant ; on emploie pour cette opération la cuve elle-même qui sert pour teindre en garance, en gaude ou en quercitron.

Cette cuve est construite en bois de sapin et carrée



1250.

(fig. 1250) ; elle est chauffée par la vapeur libre qui arrive par un tuyau en cuivre percé d'une série de petits trous et placé à 20 ou 25 centim. au-dessus du fond. Ce tuyau est recouvert par une planche, afin que l'étoffe ne le touche pas et ne soit pas altérée par la projection immédiate de la vapeur. On verse l'eau froide et clarifiée au moyen d'un robinet B placé en face de l'un des angles de la cuve. La figure fait bien comprendre que la toile est engagée d'abord sous le petit rouleau C qui est placé à 4 ou 5 centim. au-dessus du fond de la cuve : qu'elle embrasse la demi-circonférence du trinquet A disposé sur le bord supérieur de la cuve.

On tourne lentement le trinquet avec la main pour opérer un lavage plus complet et plus sûr, et l'on fait ensuite évacuer les eaux sales en tirant une tringle liée à une bascule qui soulève une soupape en cuivre placée sur le fond de la cuve.

Lavage des pièces. — On lave et dégorge les toiles à l'eau froide, soit à l'aide de la machine à laver avec rouleau d'appel, soit dans des roues à laver (voyez BLANCHIMENT), soit tout simplement avec un trinquet dans l'eau courante.

Dans plusieurs manufactures d'Angleterre, on emploie une machine à laver d'une construction particulière, et qui a pour but d'économiser le travail à la main et de garantir surtout l'uniformité et la régularité de l'opération.

La fig. 1249 représente la coupe verticale et longitudinale de cet appareil que l'on adopte généralement pour laver les pièces de calicot imprimées avec des couleurs de fantaisie, qui exigent toujours plus de soin qu'on ne peut en apporter dans le lavage ordinaire à la main.

Il est composé d'une cuve en bois divisée dans sa largeur en plusieurs compartiments égaux et qui varient seulement par la hauteur. La longueur est de 4^m environ; la largeur est égale à celle des pièces de calicot ; la hauteur du compartiment le plus bas est de 1^m,25, et celle du compartiment le plus haut est de 2^m,50.

A la partie supérieure de la cuve est une paire de rouleaux en bois dur B dont la fonction est de presser et d'attirer l'étoffe par le frottement de roulement. A cet effet, le rouleau inférieur reçoit l'impulsion par le moteur de l'établissement. Les axes du rouleau supérieur B sont pressés par des leviers en fer auxquels sont suspendus des poids plus ou moins pesants.

Il y a aussi une paire de rouleaux placés au-dessus de chaque séparation de la cuve, qui sont destinés, comme les précédents, à presser la toile mouillée ; la figure montre la disposition des rouleaux placés un peu au-dessus du fond de chaque compartiment, et sous lesquels passe l'étoffe.

Manière d'opérer. Les pièces que l'on veut laver sont cousues ensemble, et placées sur une table à droite de la cuve. Elles sont passées d'abord sur le rouleau supérieur A, puis sous les rouleaux placés au fond du com-

IMPRESSION SUR ETOFFES.

partiment le plus bas; ensuite elles sont engagées entre les deux rouleaux adaptés au-dessus de la première cloison; enfin elles passent sous les rouleaux placés au fond du deuxième compartiment, et ainsi de suite jusqu'au dernier compartiment, d'où elles sont attirées par le système de rouleaux compresseurs B.

L'eau claire arrive continuellement dans le compartiment supérieur, d'où elle s'écoule dans les compartiments successifs au travers d'une grille en tissu métallique placée verticalement sur la partie supérieure de chaque cloison.

On conçoit que les toiles très chargées de couleurs sont mouillées et détrempées d'abord en passant dans le compartiment le plus bas; puis et à mesure qu'elles traversent les compartiments supérieurs, elles se nettoient davantage et se débarrassent peu à peu de tous les corps étrangers et salissants qui les recouvrent; les corps étrangers sont détachés tout à la fois par le courant d'eau, par le mouvement donné à la pièce et par la pression des rouleaux eux-mêmes.

A l'aide de cet appareil, les étoffes sont lavées successivement dans une eau qui est de plus en plus propre. c'est là le véritable lavage méthodique, qui peut être modifié à volonté, soit en augmentant ou en diminuant la quantité ordinaire de l'eau de lavage, soit en diminuant ou en augmentant la vitesse avec laquelle les toiles sont entraînées au travers des divers compartiments, soit enfin en augmentant ou en diminuant la pression que les rouleaux du haut exercent sur l'étoffe mouillée.

Les parties blanches des toiles sont toujours plus ou moins colorées par le passage dans les bains de teinture; il faut donc les blanchir. Pour cela, on fait bouillir les tissus dans un bain de son ou de savon; quelquefois, lorsque la coloration est trop persistante, on les soumet au blanchiment avec des dissolutions légères de chlorure de potasse, de soude, de chaux ou de magnésie.

Nous reviendrons plus loin sur la question du blanchiment et indiquerons les principaux systèmes suivis. Nous traiterons en même temps de l'avivage, auquel plusieurs couleurs doivent être soumises.

GRAVURE DES DESSINS.

Il y a plusieurs sortes de planches gravées pour imprimer :

1° *Le bloc ou la planche de bois de poirier*, parfaitement plate, sur laquelle on transporte et grave le dessin en relief;

2° *Le bloc ou la planche de bois de poirier*, sur laquelle on implante et fixe à la même hauteur de petites lames de cuivre laminé et recuit, qui forment tous les contours et les traits fins du dessin. On fait *les pleins ou mats*, en remplissant les intervalles, formés par les lames de cuivre, avec du bois de tilleul qu'on enfonce solidement en frappant dessus avec un petit marteau; puis on coupe avec un instrument tranchant tout le bois qui dépasse les petites lames de cuivre;

3° La *planche métallique* en relief, laquelle est formée par la réunion de clichés métalliques fondus sur une planche dite *matrice;*

4° La *planche plate* en cuivre, gravée au moyen d'un poinçon, ou à l'aide d'un burin, ou à la manière usitée pour l'impression en taille douce;

5° Le *cylindre*, ou rouleau cylindrique, que l'on grave à la machine, ou à l'eau forte, etc.;

6° Enfin, *le cylindre dit à surface*, sur lequel sont appliqués et fixés des clichés métalliques offrant la reproduction en relief d'un dessin.

Planches. On fait les blocs ou planches, de quatre couches de bois, bien dressées au rabot, sur les deux faces. La couche du dessous est en bois de chêne de 12 à 13 millimètres d'épaisseur; les deux couches intermédiaires sont en bois blanc de même épaisseur, et la quatrième de 9 millim. d'épaisseur est en bois de poirier ou de pommier, qui sont des bois compacts et dont le grain est fin. Ces couches de bois sont superposées de manière que les fibres se croisent; elles sont jointes ensemble avec une colle dite au fromage, insoluble et inaltérable par l'humidité.

Voici la manière de préparer cette colle dont la composition est encore tenue secrète dans la plupart des ateliers.

Choisissez du fromage blanc, appelé fromage à la pie; mettez-le dans une bassine en cuivre, et brouillez-le avec un peu d'eau. Faites cuire ce mélange sur un feu doux pendant une demi-heure pour enlever tout le petit-lait qu'il contient. Comprimez ensuite la composition dans un linge un peu serré pour en exprimer toute l'eau. Faites recuire de nouveau en remuant toujours avec une spatule en bois pour éviter qu'elle ne s'attache et ne se carbonise au fond du vase.

Lorsque la composition est bien liée, ce que l'on reconnaît lorsqu'elle forme une pâte résiniforme et quasi-élastique, vous la retirez du feu, et vous en formez des boules que vous pétrissez dans les mains; vous les faites ensuite sécher lentement à l'air ou dans un appartement un peu chaud.

Enfin, vous râpez ces boules lorsqu'elles sont sèches, et vous conservez la poudre pour vous en servir suivant le besoin.

Voici la manière d'employer cette poudre de fromage :

Vous prenez un vase quelconque dans lequel vous mettez de la poudre en quantité suffisante pour le collage que vous voulez faire; vous jetez dessus et peu à peu de l'eau de chaux, en ayant soin de bien remuer avec une spatule en bois pour dissoudre et lier la pâte avec l'eau, et en former une colle de la consistance du miel. C'est dans cet état onctueux que vous employez cette colle, que vous étalez, égalisez sur la planche de bois avec la spatule elle-même; mais vous devez employer cette colle aussitôt qu'elle est faite, sans quoi vous ne feriez rien de bon. Les deux planches de bois blanc et celle de chêne étant barbouillées seulement d'un côté, vous les superposez l'une sur l'autre dans l'ordre que nous avons indiqué plus haut, en finissant toujours par la planche de poirier.

Vous comprimez enfin les planches collées par des serre-joints entre des madriers de bois, afin de faire adhérer la colle d'une manière invariable.

La gravure du dessin tracé sur la planche de poirier est faite à l'aide d'une pointe, espèce de couteau qui tenu droit coupe profondément le bois et avec lequel on obtient des gravures sans talus. On fait sauter avec la pointe les intervalles du dessin et on dresse les fonds avec des gouges et des but-avants, ciseaux en forme de baïonnette avec lesquels on atteint facilement les fonds.

La nécessité d'avoir une gravure sans talus et très saillante, se comprend facilement si l'on réfléchit à la nature des couleurs à l'eau, épaissies seulement à la gomme, qu'on emploie dans l'impression. Cette condition est tellement nécessaire qu'elle a conduit à l'adoption, très fréquente dans la pratique, d'un autre mode de gravure à l'aide de petites lames de laiton, dont nous allons parler.

Pour faire un dessin au moyen de lames de laiton, on calque le dessin comme nous l'avons indiqué précédemment; puis on entaille tous les traits décalqués à l'aide d'une espèce de ciseau plat très petit, qu'on enfonce toujours à la même profondeur à l'aide d'un marteau. A cet effet, le petit ciseau porte sur l'une de ses faces un petit butoir ou arrêt. C'est dans les entailles ainsi formées qu'on enfonce les lames de laiton laminé et découpé d'une hauteur uniforme; on les contourne

d'abord à l'aide de pinces ordinaires, suivant les contours du dessin : ensuite, on les met toutes à la même hauteur, au moyen d'un petit poinçon limé dans la moitié de son épaisseur, à une hauteur égale à celle du relief de la gravure.

On dresse encore la planche, lorsqu'elle est entièrement terminée, à la lime douce et à la pierre ponce.

Planche métallique en relief. 1° On grave d'abord avec des cuivres une partie de la planche, qui doit être répétée, sur un bloc de tilleul en bois debout de 6 à 8 centimètres d'épaisseur au moins et de la grandeur convenable ;

2° Lorsque le dessin est fait, on prend un fer à repasser très chaud qu'on promène sur la superficie des lames de cuivre qui forment le dessin ; celles-ci s'échauffent assez par le contact pour brûler ou carboniser légèrement le bois. En renversant la planche que l'on frappe légèrement par derrière, les petites lames de cuivre tombent facilement ; s'il en reste quelques-unes, on les enlève avec une pince plate ;

3° On entoure la gravure ainsi faite, et que l'on désigne sous le nom de *matrice*, d'une feuille de carton mince que l'on cloue avec des pointes. Ce carton est destiné à former le *pied de la gravure ;*

4° On recouvre cette matière d'une série de petites planches de bois de chêne ou de hêtre entaillées dans toute leur hauteur de plusieurs petits canaux semi-circulaires, dans lesquels on coule la composition métallique, et qui donnent issue à l'air. Avant de couler la matière, on place la matrice et les planchettes qui la recouvrent dans une espèce de caisse ou châssis en bois, et on les serre sur les quatre faces à l'aide de coins en bois. La matière se compose de bismuth, étain et plomb par parties égales.

On conçoit facilement qu'à l'aide de cette méthode, on peut former une multitude de dessins, en variant la combinaison des pièces fondues, que l'on lie ensemble en passant un fer chaud sur le dos de la gravure.

Au reste, tous les procédés de reproduction employés aujourd'hui dans la typographie, savoir la STÉRÉOTYPIE au plâtre et au papier, sont employés maintenant pour l'impression pour étoffes. Nous n'avons qu'à renvoyer à cet article pour la description des procédés. Nous pensons, comme nous le dirons plus loin, en traitant de la perrotine et de l'emploi des cylindres en relief, que les procédés plus parfaits de la fonderie en caractères ne tarderont pas longtemps à être aussi employés avec avantage.

Planche plate. La planche plate est encore gravée par les anciens procédés employés depuis trois siècles pour la gravure en taille-douce.

Rouleaux. On grave aujourd'hui de cinq manières différentes que nous citerons, en suivant l'ordre de la date de leur origine ou de leur exploitation industrielle en France :

1° Gravure au poinçon et au balancier, inventée par Gingembre et Fiesenger, qui ont fait les premières expériences à la Monnaie de Paris en 1792. (Voyez *la Bibliothèque universelle de Genève*, tome XIV, page 58, année 1820.);

2° Gravure au poinçon-molette, à l'aide d'une machine à graver inventée par Perkins, Américain, vers le commencement de ce siècle ;

3° Gravure à la molette roulante, perfectionnée en Angleterre, par Perkins et Fairmann, en 1820, et importée en France, en 1825, par MM. Hausmann frères, de Mulhouse ;

4° Gravure à l'eau-forte et au burin, au moyen d'un tour à guillocher, inventé par White en 1810.

Parmi ces diverses méthodes, les plus généralement employées sont la gravure au poinçon-molette et à la molette roulante. La gravure à l'eau-forte sert pour des genres spéciaux ; la gravure au burin est employée journellement pour gauffrer et imprimer des étoffes ; on fait usage de la gravure au poinçon et au mouton pour la reproduction des petits dessins détachés, parce qu'elle est la plus facile et la plus prompte dans ce cas.

Nous allons décrire ces diverses méthodes, d'après les détails de pratique que M. Feltrappe, graveur distingué, nous a mis à même d'observer dans ses beaux ateliers.

Gravure au poinçon. Elle consiste à graver un poinçon en acier non trempé, dont l'extrémité est de la courbure du cylindre destiné à produire le dessin. On le grave, on le trempe, et on l'applique sur la surface du cylindre qui est placé sur un tour à graver. (Voyez TOUR.) Le poinçon gravé est tenu au-dessus, dans une presse qu'on fait mouvoir parallèlement au cylindre, d'une quantité voulue, au moyen d'une vis de rappel, dont la tête porte un plateau divisé qui règle la marche du poinçon. Cette même presse porte au-dessus du poinçon un petit mouton qu'on fait jouer à l'aide d'une pédale, et dont la chute peut être plus ou moins grande, suivant la force de percussion qu'il faut exercer sur le poinçon pour l'imprimer sur la surface du cylindre.

On imprime ainsi successivement le poinçon sur toute la surface du cylindre, et, si le dessin l'exige, on fait d'abord les contours avec un premier poinçon, et l'on revient avec un second poinçon pour remplir les *pleins*.

Gravure au poinçon molette. — Ce genre de gravure, comme son nom l'indique, participe tout à la fois de la gravure au poinçon et de celle à la molette. C'est tout simplement un poinçon gravé sur une portion de la circonférence d'une molette en acier, et qui en reproduit l'empreinte comme une molette.

Gravure à la molette.—Le dessin est exécuté d'abord en creux sur une molette ou cylindre en acier fondu, et non trempé. On tourne sa circonférence de manière que son diamètre soit dans un rapport exact avec celui du grand cylindre à graver, sur lequel on veut le répéter un nombre de fois déterminé. Pour exécuter les détails délicats, le graveur emploie souvent une loupe.

Ce rouleau étant gravé, on le trempe en le chauffant au rouge-cerise, après l'avoir préablement renfermé dans une boîte en fonte remplie de suie calcinée ou de charbon végétal. On emploie aussi de la suie avec une addition d'os ou de charbon animal pour avoir une trempe plus forte. Enfin on le plonge dans l'eau froide pour opérer la trempe.

Lorsque la molette est refroidie, on la monte sur ses axes dans une machine spéciale appelée *presse à relever*, où à l'aide d'une pression et d'un mouvement de rotation donné au rouleau gravé, on communique son empreinte en relief sur une molette détrempée et dont le diamètre est dans un rapport exact avec celui du cylindre à graver. Le second cylindre est trempé à son tour par le procédé que nous avons indiqué plus haut.

Pour exécuter la gravure sur le cylindre en cuivre, on se sert d'une machine analogue à celle pour graver au poinçon ; mais on presse fortement la molette, qui tourne sur ses axes, contre le cylindre à l'aide de deux leviers funiculaires, tellement disposés, qu'avec un poids de 100 à 150 kil., on exerce une pression de 10 à 15,000 kilogr., suivant la disposition du dessin, de la profondeur de la gravure et de la dureté du cylindre à graver. Cette molette est disposée de manière à ce que son axe prenne, au besoin, une position parallèle, oblique ou perpendiculaire au cylindre, pour pouvoir graver circulairement ou en hélice, ou dans le sens longitudinal. Pour donner au cylindre à graver le mouvement continu ou simultané qui est nécessaire

pour imprimer le dessin convenablement, ses axes sont supportés par des poupées liées à des arbres qui portent des roues d'engrenages (voyez TOUR A GRAVER). Enfin les parties très étendues sont enlevées au burin, toujours à l'aide de la même machine.

Quand on a besoin de deux ou trois cylindres gravés et plus, pour imprimer en deux, trois et quatre couleurs, on grave les couleurs sur deux, trois ou quatre molettes semblables; de manière que les contours des dessins se raccordent parfaitement; mais il faut que les cylindres de cuivre, sur lesquels on veut graver, soient plus gros les uns que les autres.

Ainsi, le rouleau qui doit fournir la première couleur sera plus petit; le second rouleau qui doit fournir la deuxième couleur sera un peu plus gros, et le troisième rouleau encore un peu plus gros, et ainsi de suite; mais il n'en faut pas moins que le diamètre de chaque molette soit dans un rapport exact avec celui de chaque cylindre de cuivre.

Cette condition est indispensable, parce que l'expérience a démontré qu'une étoffe imprimée s'allonge et s'étend par l'humidité et par la pression. C'est pour corriger cette extension qu'on fait les cylindres successifs un peu plus gros, et le dessin dans un rapport croissant sur la largeur.

Gravure à l'eau-forte. — Pour ce genre de gravure, il faut employer un cylindre creux, avec un axe mobile ou creux; on couvre d'un vernis de graveur le cylindre que l'on chauffe à la vapeur au travers de son axe. Ce cylindre est placé sur un tour à guillocher; et l'on grave avec une pointe de diamant, à l'aide de laquelle on produit des dessins variés, en enlevant le vernis et mettant le cylindre à nu.

On plonge ensuite le cylindre horizontalement pendant cinq minutes, dans une auge en bois contenant un bain d'acide nitrique étendu d'eau.

Depuis quelque temps, M. Léon Godefroy, de Puteaux, livre au commerce des étoffes dont les fonds sont imprimés au rouleau, avec des cylindres gravés de deux façons différentes; les uns par MM. Pigné et Pigache, graveurs de rouleaux à Puteaux, les autres par M. Feltrappe, à Paris.

Ces procédés sont tout à la fois si simples et si ingénieux, que nous ne pouvons les passer sous silence.

Voici le procédé de MM. Pigné et Pigache : ils font les mats, ou fonds pleins, en gravant au burin des filets annulaires très rapprochés; puis, ils coupent les filets de distance en distance, par une petite molette qui porte des lignes obliques. Cette molette est imprimée à la manière ordinaire. Par ce moyen, les filets annulaires sont coupés de distance en distance, par des intervalles creux qui reçoivent la couleur, mais la molette a formé des petits crans ou arrêts dans les filets annulaires, lesquels retiennent la couleur et l'empêchent de couler.

M. Feltrappe, lui, grave tout simplement des filets, ou mille raies inclinées d'environ 14 centimètres, sur la longueur du cylindre de 70 à 80 centimètres.

DESCRIPTION DES MACHINES ET USTENSILES SERVANT A LA PRÉPARATION ET A L'IMPRESSION DES ÉTOFFES.

Les divers tissus que l'on soumet à l'impression peuvent être classés en huit catégories :

1° Les tissus de pur coton. — 2° Les tissus de lin ou batistes. — 3° Les cotonnades fil et coton. — 4° Les tissus légers de pure laine. — 5° Les tissus de laine chaîne-coton, — 6° Les tissus de laine mélangés de soie dits Thibet. — 7° Les tissus de pure soie. — 8° Les étoffes drapées, la flanelle, les velours de laine, de coton et de soie, le feutre.

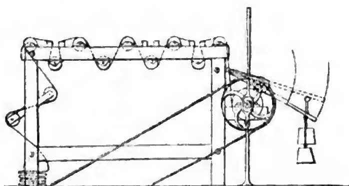
Chaque catégorie comprend elle-même divers genres ou modes particuliers d'impression que nous allons décrire successivement.

Préparation des tissus avant l'impression. — Les pièces sont livrées au fabricant en blanc, c'est-à dire blanchies ou en écru, et dans ce dernier cas, on les blanchit dans l'établissement même (voyez BLANCHIMENT, p. 385). Mais, avant de les soumettre aux diverses opérations, on doit les collationner, les inspecter pour s'assurer qu'elles ne présentent point des défauts, des déchirures que l'on répare et raccommode le mieux possible.

On marque et numérote ensuite les pièces; 1° soit en brodant dessus les pièces les numéros avec du fil blanc, ou du coton, teint en rouge d'Andrinople; 2° soit en se servant de l'encre d'imprimerie et d'un cachet gravé en relief (voyez ENCRE). 3° soit avec une encre composée de savon vert, de térébenthine de Venise et d'oxyde de fer, ou d'ocre rouge calciné; 4° soit enfin avec une encre quelconque à marquer le linge.

Lorsque les tissus sont blanchis, on les inspecte encore pour reconnaître s'ils n'ont pas éprouvé quelques accidents, quelques taches que l'on enlève par les procédés connus (voyez DÉGRAISSAGE).

Ensuite, les pièces sont épluchées et soumises à l'opération du grillage ou flambage, qui a pour but de détruire le duvet qui existe sur leur surface.



1251.

Grillage. — Cette opération s'exécute sur un seul côté, celui sur lequel on veut imprimer, à l'aide de divers appareils qui varient suivant les ateliers (voy. GRILLAGE).

Après le grillage, les pièces sont unies et lustrées par les cylindres (voyez CYLINDRE); puis elles sont cousues ensemble par leurs chefs, et enroulées sur un petit cylindre octogone, appelé bobine, à l'aide d'une machine à enrouler.

Machine à enrouler (fig. 1251). — Cet appareil est formé d'un bâti en bois, qui supporte, à sa partie supérieure, une série de petites barres en bois parallèles et fixes, séparées à des distances voulues par de petits rouleaux en bois, dont les axes tournent librement dans des coussinets. Ces barres et rouleaux sont destinés à maintenir les pièces au large et à effacer les plis.

La pièce qui est posée sur le plancher à gauche, comme l'indique la ligne en spirale, passe alternativement dessus et dessous les barres et les rouleaux; elle enveloppe la demi-circonférence d'un tambour mû par le moteur de l'établissement. Elle s'enroule ensuite sur la bobine en bois, qui reçoit son mouvement continu par le contact du tambour.

L'axe de la bobine est fixe, carré, et mobile à volonté. Il est maintenu et pressé sur ses extrémités ar-

rondies par deux leviers, auxquels sont suspendus des poids très pesants ; le point d'appui de ces leviers est sur le bâti de la machine.

L'opération de l'enroulage est une des parties les plus essentielles pour imprimer au rouleau, à la Perrotine, et généralement pour tous les genres d'impression à la mécanique, aussi faut-il éviter de laisser passer des plis.

Cela fait, on imprime ou applique partiellement le mordant ou les couleurs sur l'étoffe, au moyen d'une planche ou d'un cylindre gravé.

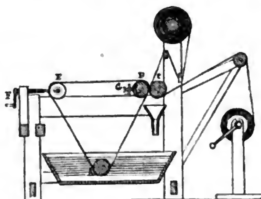
Pour imprégner ou plaquer entièrement l'étoffe d'un seul mordant, on se sert d'un foulard (voyez BLANCHIMENT, fig. 236). On place au-dessous du rouleau inférieur une auge en bois qui contient le mordant. La pièce est enroulée, comme nous l'avons dit, sur une bobine dont les axes reposent et tournent sur deux supports parallèles. Elle passe d'abord sur un rouleau placé un peu au-dessus du bord de l'auge; puis, sous un petit rouleau disposé à 4 ou 5 centimètres au-dessus du fond de l'auge ; ensuite elle frotte sur une règle divergente (fig. 1252), et s'engage entre les 2 rouleaux presseurs, qui sont garnis d'une toile qui les enveloppe 5 à 6 fois. La pièce passe ensuite entre deux tringles de bois dites d'embarrage, qui sont destinées à la maintenir au large, et elle s'enroule enfin sur une seconde bobine.



1252.

Souvent on repasse une seconde fois la pièce dans le bain de mordant A cet effet, on emploie un appareil double enroulé, et on opère comme précédemment.

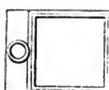
La fig. 1253 représente une machine inventée par Gratri, en 1792, *pour teindre ou imprimer* les étoffes ; elle peut très bien servir pour cette opération.

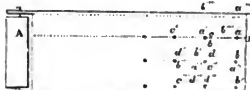


1253.

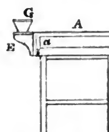
La couleur renfermée dans le vase inférieur est portée sur l'étoffe par le drap sans fin A, B, E ; celle-ci passe entre les cylindres B, C; la masse de couleur accumulée sur la toile la pénètre complétement, et l'excédant, en passant entre les cylindres, tombe dans le réservoir A, en traversant l'entonnoir D.

Des vis de rappel, F, servent à tendre le drap sans fin suivant le besoin. A l'aide de deux vis, G, on peut avancer ou reculer le cylindre B contre le cylindre C, puis augmenter ou diminuer la pression, s'il y a lieu.

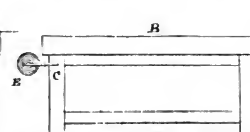

1254.



1255.



1256.



1257.

S'il s'agit de donner des couleurs différentes à diverses parties du tissu, on les imprègne successivement de plusieurs sortes de mordants, soit avec des planches à la main, soit avec la machine à plusieurs rouleaux, sur lesquels on a gravé séparément les parties qu'il s'agit d'imprimer.

Il est essentiel que les mordants ne s'étendent pas au-delà des limites du dessin, et ne se mêlent pas ensemble, afin d'éviter la confusion et l'altération des nuances. Ce sont, du reste, les points les plus difficiles de l'impression proprement dite.

Au résumé, comme les machines et appareils servant à l'impression des mordants et des couleurs sont identiques, nous allons les décrire actuellement ; nous dirons après les règles quo l'on doit observer dans l'impression des tissus de coton garancés.

Table à imprimer (fig. 1257). — Elle est formée d'un fort bâti en bois et d'un dessus fait avec deux madriers en bois très sec ; sa surface est parfaitement dressée au rabot, et recouverte d'une cou-erture de laine bien tendue. Sa longueur est de 3 mètres sur 70 à 90 centimètres de largeur, et 12 à 15 centimètres d'épaisseur. Les deux extrémités de la bobine E sur laquelle on enroule les pièces destinées à être imprimées, reposent sur deux supports C, qui leur servent de coussinets. L'axe porte une manivelle pour dérouler la pièce d'étoffe sur la table, au fur et à mesure que l'on imprime; à l'autre extrémité de la table est posé un cylindre en bois, garni de pointes qui accrochent et retiennent l'étoffe que l'on tend convenablement en tournant la manivelle de l'axe de la bobine E. Plusieurs rouleaux en bois F, sont placés sur des supports cloués au plafond de l'atelier. Ils servent à suspendre les parties de l'étoffe déjà imprimées pour les faire sécher. Lorsqu'ils sont garnis on plie l'étoffe sur le tréteau D.

Baquet servant à prendre la couleur (fig. 1256). — Ce baquet se compose d'une caisse rectangulaire en bois, supportée par un bâti que l'on nomme *porte-baquet*. On remplit cette caisse à moitié d'une solution très épaisse de gomme que l'on désigne sous le nom de *fausse-couleur*.

Sur cette fausse-couleur, on place un cadre en bois dont le fond est garni en dehors d'une toile cirée bien tendue et clouée à 10 ou 15 millimètres au-dessus du bord supérieur. Pour la conserver, on enduit sa surface d'une légère couche de graisse. Ce cadre remplit exactement la caisse A ; de plus, il reçoit, dans son intérieur, un second cadre en bois, dont le fond est garni d'un drap à poils ras, bien tendu et cloué comme la toile cirée. C'est sur ce drap qu'un enfant, appelé *tireur*, étale régulièrement le mordant ou la couleur avec une brosse à longs poils de sanglier, appelée *brosse à tirer*.

La couleur est contenue dans une terrine en grès qui est posée dans une ouverture pratiquée dans la tablette E, fixée à demeure sur l'un des côtés du baquet.

Manière d'imprimer un bloc.— L'ouvrier imprimeur étend la pièce sur la table à imprimer, qu'il a recouverte préalablement, à 1 ou 2 centimètres du bord, d'une toile de coton, apelée *doublier*, plus large que l'étoffe à imprimer. Cette disposition est indispensable pour éviter que la couverture ne soit salie par la couleur que l'on imprime presque toujours au-delà des lisières.

Il imprime d'abord sur une feuille de papier blanc pour déterminer la trace exacte de la planche, afin d'obtenir un dessin qui se raccorde bien sur les deux lisières ; il marque ensuite la ligne des points de rapports A, B, sur le chef de l'étoffe elle-même, en se servant d'une règle et d'un crayon ou d'une pointe à tracer. Nous supposons, par exemple, qu'il faille trois coups ou trois mains pour remplir l'étoffe.

Le tireur étend très uniment la couleur sur le châssis, en promenant plusieurs fois les brosses sur le drap, en avant et en arrière, puis de gauche à droite, et réciproquement, de manière à former des traces ou lignes de couleurs qui se coupent à angles droits.

L'imprimeur pose la planche dans le châssis qui est placé derrière lui ou à sa droite, puis il la retourne lestement entre ses doigts pour prendre du mordant une seconde fois. Cette méthode a aussi un autre but, celui de distribuer plus également le mordant sur la planche; il porte aussitôt la planche sur la toile, en appliquant les deux points de repères *c a* sur la ligne de rapport A B, comme la figure l'indique. Il frappe dessus avec un marteau ou maillet garni en plomb.

Il prend de nouveau le mordant sur le châssis, et fait tomber, par le deuxième coup de planche, les picots sur *b d*, et la planche marque sur l'étoffe l'empreinte *b, d, b', d'*.

Il prend encore de la couleur pour le troisième coup, et applique les picots *c a* sur *d' b'*, et forme une troisième empreinte *d, b, d'', b''*.

La première rangée étant finie, il en recommence une seconde en recouvrant, par le quatrième coup de planche, les picots *c d* par ceux *a b*, et formant l'empreinte *a', b', c', d'* ; puis, par un cinquième coup de planche, il reporte les picots par *b b''* sur ceux *d d''*, et forme l'empreinte *b', d', c'', d''*. Il revient ensuite à la partie comprise entre la ligne de rapport AB et la lisière, et il pose les picots *d' b'* sur ceux *c' a'*.

Il recommence une troisième rangée de la même manière qu'il a exécuté la deuxième rangée, et ainsi de suite.

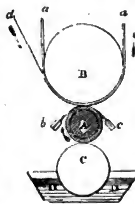
Lorsque toute l'étendue de la table est imprimée, l'imprimeur déroule la bobine E, tire l'étoffe imprimée vers le quatrième rouleau d'en haut F ; il étend ensuite une nouvelle portion de l'étoffe qui n'est pas imprimée, et il procède pour l'impression comme nous l'avons indiqué.

La pièce étant imprimée entièrement avec un premier mordant, par exemple de première main et séchée de même, on procède, s'il y a lieu, à l'application d'un second mordant, puis d'un troisième et jamais plus. Nous avons déjà dit, en traitant de la gravure sur blocs, que les planches de rentrures portent des picots qui doivent coïncider avec ceux de la première planche dite d'impression. Il suffit donc de faire tomber, en imprimant, les picots de rapports des planches de rentrures sur ceux de la première planche d'impression. Si l'impression a été bien faite, le dernier coup de planche recouvrira et cachera tous les picots de rapports qui se prennent ordinairement dans le dessin même.

Impression par la planche-plate. — Nous ne donnerons pas la description détaillée de la planche-plate qui ne diffère, d'ailleurs, de la machine à imprimer au rouleau, que par la forme de la planche gravée qui est plate, et par le mode d'étendre la couleur sur cette planche. Du reste, l'impression s'exécute à la manière usitée pour l'impression en taille-douce.

On prend la couleur, à l'aide d'une brosse en poils de sanglier, dans une bassine en cuivre placée un peu au-dessous du chariot sur lequel repose la planche gravée, et on l'étend avec célérité sur la planche gravée. On pousse aussitôt le chariot sous le rouleau de pression ; et, dans ce mouvement, la planche est essuyée par une lame d'acier ou docteur, qui enlève toute la couleur, à l'exception de celle qui remplit les creux de la gravure.

Impression au rouleau. — Comme nous l'avons dit dans l'historique, on doit à Bonvalet la première idée d'imprimer les étoffes de laine au rouleau, vers 1755 ; cette méthode a été étendue depuis, à l'impression de toutes les étoffes, et singulièrement perfectionnée par Oberkampf, N. Hobson, etc. La fig. 1258 représente la coupe verticale d'une machine à imprimer au rouleau à une seule couleur, sans le bâti et les accessoires.



1258.

A, cylindre gravé, maintenu par son axe dans une position horizontale.

B, cylindre de pression en fonte de fer dont la moitié de la circonférence est enveloppée par un drap sans fin *d*, afin de donner un léger degré d'élasticité à la pression. Ce drap sans fin est recouvert, en outre, par une toile sans fin, appelée doublier, qui circule avec lui, suivant la direction de la flèche et le garantit de l'impression des couleurs.

On rend considérable la pression du cylindre, au moyen de leviers appuyant sur son axe et auxquels on suspend des poids.

C, cylindre en cuivre, recouvert en drap. Il roule dans l'auge en cuivre D qui contient la couleur, et la transmet au cylindre gravé A.

b, racle ou docteur en acier fondu, maintenue dans toute sa longueur dans une pince à vis, au moyen de laquelle et des vis de pression, on la fait appuyer contre le cylindre gravé, en même temps qu'on lui donne, dans le sens de sa longueur, un mouvement de va-et-vient.

c, autre racle semblable à la première, mais placée derrière le cylindre, où elle n'a d'autre fonction que de le débarrasser des filaments qu'il entraîne quelquefois avec lui, et qui viendraient se mêler à la couleur.

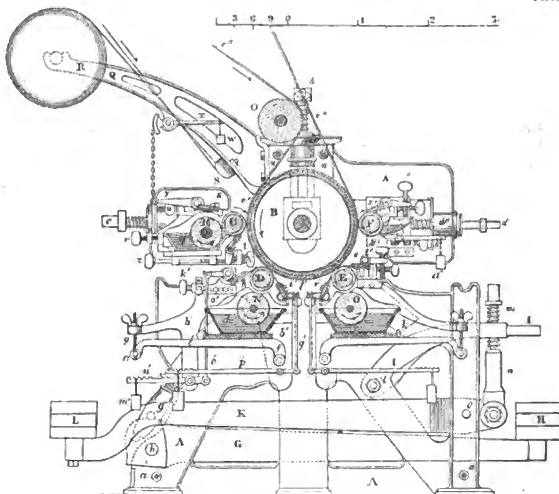
On conçoit aisément le jeu de la machine qui est mise en mouvement par une force mécanique.

La pièce de toile à imprimer, à chaque bout de laquelle on a cousu une vieille toile, est enroulée sur une bobine, comme nous nous l'avons déjà dit ; on pose cette bobine au point *d*, en arrière des cylindres; on engage un bout de la vieille toile cousue avec la pièce, entre les cylindres A, B ; suivant la direction indiquée par la flèche ; et on l'accroche à une tringle en bois de la largeur de la pièce; cette tringle est maintenue horizontalement et parallèlement aux cylindres, par une ficelle qui entraîne la pièce verticalement, lorsque la machine est mise en mouvement; alors, la toile pressée entre les deux cylindres A, B, vient successivement se faire imprimer en dessous par le cylindre gravé A, dont les creux sont remplis de la couleur qui est fournie par le cylindre C, qui trempe continuellement dans l'auge D.

La toile monte verticalement et se dessèche en même temps sur un appareil à vapeur, composé d'une série de cylindres horizontaux et creux, qui sont disposés derrière le drap sans fin.

IMPRESSION SUR ETOFFES.

La fig. 1259 représente une coupe transversale d'une machine à imprimer à 4 couleurs : A,A, est l'un des deux châssis latéraux en fonte de la machine, qui sont réunis l'un à l'autre au moyen de boulons à écrous *a*, *a*; B, est un grand rouleau de pression en fonte, dont les tourillons portent sur des coussinets qui peuvent se mouvoir dans les coulisses verticales ménagées dans les châssis A, A; de fortes vis en fer *b*, qui traversent des écrous en laiton fixés à la partie supérieure des châssis A,A, viennent buter contre les coussinets qui portent les tourillons du rouleau de pression, et permettre à ce dernier de résister à la pression de bas en haut, qu'exercent sur lui les rouleaux qui servent à l'impression des couleurs placées au-dessous. C, D, E, F, sont les 4 rouleaux gravés servant à l'impression des couleurs, dans l'ordre indiqué; le premier et le dernier C et F, sont portés par des coussinets en laiton mobiles dans des coulisses horizontales pratiquées dans les châssis A, A, et doivent venir s'appuyer sur le rouleau de pression B, un peu au-dessus de son axe; leur pression est déterminée au moyen de vis *c* et *d*, qui traversent des écrous en laiton fixés d'une manière invariable au châssis. La partie de ce dernier, dans laquelle les coussinets et les vis se trouvent, a une forme curviligne, ce qui facilite la mise en place des rouleaux C et F, et leur donne une sorte d'élasticité qui leur permet de se prêter aux inégalités de l'étoffe à imprimer. Les coussinets des rouleaux D et E sont également mobiles dans des rainures dont l'axe converge vers celui du rouleau B, et sont pressés dans cette direction par un système de leviers et de poids : les coussinets du rouleau D sont portés par des tiges cylindriques, qui passent dans les fourreaux fixés au châssis A,A, et dont l'extrémité est armée de montants qui s'appuient sur les petits bras de leviers *g* mobiles autour des points *h*, et chargés de poids qui à l'autre bout déterminent la pression. Les coussinets du rouleau E portent sur les bras de leviers I, mobiles autour des points *b*, et pressant par des vis *m*, sur les pièces *n*, qui agissent à leur tour sur les petits bras du levier K, mobile autour du point *o*, et chargé à l'autre bout de poids L, qui détermine la pression.



1259.

Indiquons maintenant en quelques mots la manière d'opérer de cette machine. Nous avons déjà dit que le rouleau gravé C, était porté par des coussinets mobiles dans des glissières ménagées dans le châssis AA. Ces coussinets sont formés, comme à l'ordinaire, de deux parties; l'une en laiton porte les tourillons du rouleau C, l'autre en fer, extérieure, mobile dans les glissières, et portant l'auge à couleur *g* et le rouleau fournisseur M; le fond et les parois longitudinales de l'auge *g* sont en cuivre laminé; les côtés en bronze coulé forment en même temps les coussinets du rouleau fournisseur M; une vis *r*, sert à la presser, ainsi que le rouleau M, contre le rouleau C. *s*, est un racloir pour enlever l'excès de couleur, et *t*, un autre racloir pour enlever les filaments de l'étoffe. La position du premier est déterminée par une vis à écrou *u*, qui fixe son extrémité en un point d'une glissière, et sa pression contre le rouleau est réglée par deux petits poids *n'*, suspendus aux extrémités des leviers *x*, liés par des chaînes au levier *y*, qui porte le racloir *s*. La pression du racloir *t*, porté également par un levier, est réglé par la vis V, qui vient buter contre l'autre bras de ce levier.

Les coussinets du rouleau D portent des tiges *b*, *b'*, qui supportent l'auge à couleur *d*, et le rouleau fournis-

seur N; sur cette partie est fixé le levier *e*, mobile autour du point *f*, solidaire avec *b'*, et dont l'autre extrémité *f'*, est portée par la vis *g*, qui permet de presser plus ou moins le rouleau N sur le rouleau D. *h'* et *i'*, sont les deux racloirs, l'un pour la couleur, l'autre pour les filaments, fixés au moyen des vis *k'* et *l'*; la pression du premier est déterminée au moyen du poids *m'*, placé sur le levier *n'*, qui est lié par la tringle *o'*, avec le levier fixé au racloir : la pression du second, est réglé au moyen d'un poids suspendu au levier *p'*, qui est lié par la tringle *q'*, avec le levier fixé au racloir.

La disposition de l'auge et du rouleau à couleur O du rouleau E, est absolument la même que pour le rouleau D, à cela près que la pression du second racloir *s* est réglée par la vis *t'*.

Le rouleau F n'a pas de rouleau à couleur correspondant; le racloir inférieur *y'*, porte un appendice *d*, qui forme l'auge à couleur, et est pressé contre le rouleau par l'action du poids *a''*, suspendu au levier *b''*; la pression du racloir supérieur *x'* est réglée par une vis *c''*.

t' t'' est l'étoffe sans fin qui s'enroule sur le rouleau de pression B, et qui forme l'enveloppe élastique sur laquelle viennent s'appuyer les rouleaux C,D,E,F. Cette étoffe, primitivement enroulée sur le cylindre R, porté par les bras Q, passe sur le rouleau B; sur l'une des extrémités du rouleau R se trouve une poulie sur la gorge de laquelle passe une courroie sans fin fortement tendue, qui fait naître une certaine résistance et maintient l'étoffe à un degré de tension convenable. On s'oppose à ce que l'étoffe se plisse en s'enroulant sur le rouleau R, en la faisant d'abord glisser sur une ou plusieurs barres en bois S, portant des rainures en spire, les unes dans un sens, les autres dans l'autre, comme l'indique la fig. 1252.

Machine, dite Perrotine, propre à imprimer trois couleurs à la fois (publiée dans le tome XLVIII, des *Brevets expirés*).

La machine due à M. Perrot, que nous allons décrire, a pour objet de remplacer le travail manuel de l'application de la planche par le mouvement mécanique de celle-ci.

La figure 1261 est une élévation latérale du côté de la manivelle.

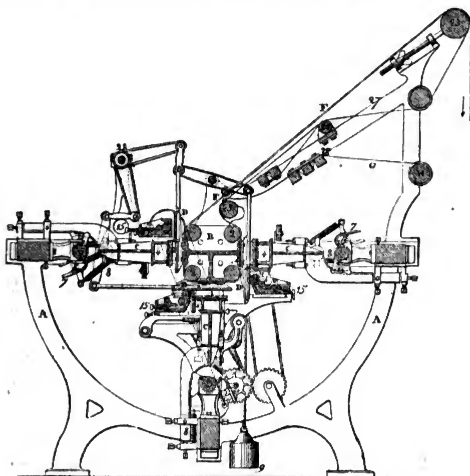
La fig. 1260 représente la section verticale de la machine.

1° Le bâti en fonte A sur lequel sont attachées les pièces fixes.

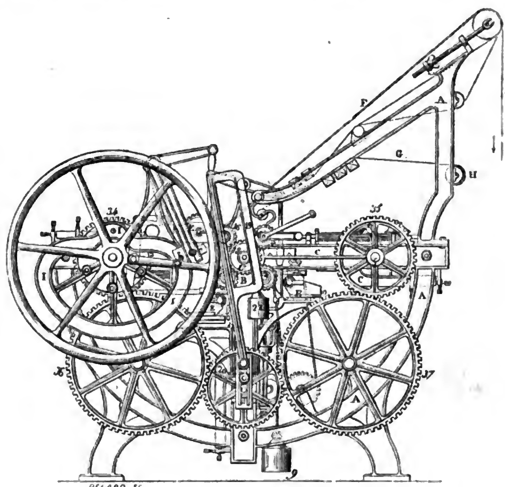
2° La table en fonte B (fig. 1260), qui a trois faces bien dressées 1, 1, 1, sur lesquelles s'opère l'impression; elle porte à ses quatre angles des rouleaux 2,2,2,2, garnis de pointes d'aiguilles rayonnantes à leur surface et saillantes de 4 à 5 millim., afin d'empêcher le glissement des toiles qui passent dessus.

3° Les chariots C, C', C'', portant les planches gravées 3, 3, 3, qui sont en bois; elles pourraient être en cuivre ou autre métal. Ces planches sont vissées sur des plateaux 4, 4, 4, montés à coulisse sur les chariots; la manipulation pour les changements de planches est alors très facile.

Les chariots glissent dans des coulisses; le mouvement leur est imprimé par des arbres à manivelle 5, 5, 5, dont les supports reposent sur le bâti; les manivelles 6, 6, 6, jouent dans des fourches 7, 7, 7, articulées par une vis à crapaudine avec les chariots. La queue de ces chariots glissant entre des vis de réglage, on



1260.



1261.

peut lui donner la direction convenable pour que les planches gravées se présentent bien parallèlement aux tables. Des ressorts 8, 8, liés au chariot, en opèrent le mouvement rétrograde toutes les fois que les arbres 5, 5, ne les poussent pas en avant. Quant au chariot inférieur C'', il prend son mouvement rétrograde naturellement par son propre poids, qu'il faut d'ailleurs équilibrer au moyen du contrepoids 9.

4° Les châssis à couleur D, D' D'', sont articulés avec des leviers qui reçoivent du moteur général le mouvement qui convient à leur fonction. Ces châssis, qui sont mobiles dans des coulisses placées sur les côtés de la table B, prennent la couleur sur les rouleaux 10, 10, des distributeurs en glissant tangentiellement à ces rouleaux ; la couleur est étendue bien uniformément par les brosses fixes 11, 11. C'est de cette manière que les planches viennent prendre leur couleur sur les châssis dont le fond bien plat est garni de drap.

5° Les distributeurs mécaniques E, E', E'', composés chacun d'une auge en bois remplie de couleur, d'une paire de rouleaux en cuivre 10, 10, et d'autres rouleaux 12, 12, qui se chargent de matière colorante dans l'auge et en donnent aux rouleaux 10, 10, couverts de drap. C'est en passant sur ces rouleaux que les châssis, dont le fond est une étoffe de laine, se chargent d'une quantité convenable de couleur qui est étendue par les brosses 11, 11. On donne plus ou moins de couleur suivant qu'on fait plonger plus ou moins les rouleaux 12, 12, dans la boîte, ce qui se fait aisément, puisque les coussinets qui portent ces rouleaux sont fixés à l'extrémité d'un levier mobile autour de son point d'appui ; les boîtes E sont fixes, et on règle leur position au moyen des vis à caler 15.

6° Le régulateur ou appareil de division destiné à délivrer convenablement la toile qu'on veut imprimer. Le mouvement de cette toile n'est pas continu, car il y a nécessairement arrêt chaque fois que la toile doit avancer exactement de la largeur de la planche gravée. largeur qui varie avec les dessins.

Dans ce but, les axes des rouleaux 2, 2, 2, fixés à la table B, sortent de cette table ; ils portent quatre roues 16 (fig. 1261), ayant chacune le même nombre de dents et recevant leur mouvement d'une roue centrale 17 montée sur un prisonnier fixé sur le bâti ; cette roue est placée derrière une autre roue 18 qui reçoit un mouvement alternatif d'une crémaillère droite fixée dans une pièce 19, qui monte et descend alternativement, parce qu'elle est attachée à un des rayons de la roue 20, ce qui forme manivelle. En variant la course de cette pièce, c'est-à-dire la position du point d'attache, on obtiendra le passage de plus ou moins de dents de la roue 18, ce qui fera varier la marche de la toile.

Un encliquetage à rochet 21, à chaque tour (figure 1261), règle la marche chaque fois, et pour qu'il n'y ait point de recul, un frein composé d'une poulie montée sur l'axe de la roue 18, et d'un fil de laiton qui fait un tour et demi à deux tours dessus, puis est tendu par le poids 22, offre une résistance suffisante pour empêcher tout recul.

7° La toile sans fin, le doublier et les pièces propres à les recevoir.

La toile sans fin F, ordinairement en drap, embrasse un rouleau 23, garni de pointes d'aiguilles rayonnantes à la surface, afin d'empêcher le glissement des diverses toiles qui passent dessus ; cette toile vient, en descendant, passer sur un rouleau 24, garni de drap, qui l'étend parfaitement et ne lui laisse aucun pli ; de là elle vient s'appuyer sur un rouleau 25, puis embrasse la table B, en s'appuyant sur les quatre rouleaux 2, 2, 2, 2,

aussi garnis de pointes d'aiguilles ; de là elle remonte vers le rouleau 23, d'où elle était descendue. Pour entretenir toujours la même tension de la toile sans fin, le rouleau 23 est mobile perpendiculairement à son axe au moyen des deux vis de réglage 26.

Le doublier 27 est aussi une toile sans fin en gros drap ou forte étoffe de laine ; il passe à travers les barres fixes 28, 28, qui l'étendent, puis s'appuyant sur le rouleau 25, il s'y réunit à la toile sans fin F, chemine avec elle sur les rouleaux 2, 2, puis remonte avec elle vers le rouleau 23.

L'étoffe à imprimer G est enroulée sur une ensouple H, et passe entre les barres qu'elle rencontre, ce qui fait disparaître tous les plis ; alors elle arrive sur le rouleau 25, s'y réunit au doublier 27 et à la toile sans fin F ; puis chemine avec eux, embrassant ainsi les trois faces de la table B, remonte aussi avec eux jusqu'au rouleau 23, d'où elle est reçue dans un étendage ou dans des paniers.

Le mouvement est imprimé à la machine par un homme appliqué à une manivelle fixée à l'arbre 5. Cette manivelle met en mouvement directement le chariot C'', puis elle communique le même mouvement aux deux autres chariots, au moyen des roues 34, 35, et des roues intermédiaires 36 et 37. Quant au mouvement du châssis, il résulte de celui de l'excentrique I placé également sur un arbre moteur 5. Cet excentrique met en mouvement l'arbre 38, lequel, au moyen de bras diversement articulés avec les châssis, les fait avancer tous trois ; enfin le régulateur ou appareil de division se meut par la roue 20, l'excentrique 19 étant placé sur son arbre.

Telles sont les principales pièces de cette machine dont nous allons actuellement décrire les fonctions.

Supposons qu'on vienne de donner un coup de planche, et remarquons que tous trois se donnent au même instant. Aussitôt ce coup de planche donné, trois mouvements ont lieu à la fois, l'étoffe s'avance d'une largeur de planche et avec elle la toile sans fin et le doublier.

Les châssis D viennent prendre la place qu'on voit dans la fig 1260, et se mettent en mouvement, c'est-à-dire que le châssis D descend, celui D'' s'élève, et celui D' s'avance de gauche à droite.

Pendant ce trajet, les chariots C, C', C'', reculent, parce qu'ils cessent d'être pressés par les manivelles 6 (les arbres 5 continuent leur mouvement uniforme), et que d'ailleurs ils sont attirés par les ressorts 8, 8 ; ils s'arrêtent alors dans la position décrite, en s'appuyant sur des butoirs. Pendant le mouvement des châssis D, ils pressent légèrement sur les rouleaux distributeurs 10, 10, et y prennent de la couleur qui est étalée uniformément par les brosses 11, de telle sorte que les châssis s'arrêtant vis-à-vis des planches 3, 3, celles-ci n'ont plus qu'à y venir prendre la couleur dont elles ont besoin pour le coup de planche suivant.

C'est alors que les chariots C, C', reviennent en avant, mais cette fois ils ne sont plus poussés par les manivelles ; ils le sont par les touches 13, 13, qui leur sont diamétralement opposées, mais fixées comme elles sur les arbres 5, 5 ; ils s'avancent alors, et les planches 3, 3, pressent sur les châssis, puis ils reculent un peu ; mais la touche 13 étant double, ils avancent de nouveau, et pressent encore une fois sur les châssis, bien entendu qu'entre ces deux contacts le châssis a légèrement changé de place, afin de présenter d'autres points de contact, ce qui a été opéré par une courbure convenable I' de l'excentrique I.

Lorsque les touches 13, 13, cessent d'agir, les chariots, toujours appelés par les ressorts 8, 8, reculent de nouveau jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par les butoirs, et les châssis se mettent en mouvement ; ils reviennent prendre la position qu'ils occupaient auparavant.

Bientôt après les manivelles se retrouvent en position de pousser en avant les chariots ; ceux-ci avancent et l'impression se fait ; puis les arbres 5, 5, continuant de tourner, les chariots reculent encore et l'opération se continue.

Tel est le jeu de cette machine, qui pourvoit elle-même à tous ses besoins, impression, distribution de couleur, mouvement de la toile, par le fait seul d'un moteur quelconque appliqué à la manivelle. (Extrait du *Bulletin de la Société d'Encouragement*, novembre 1839.)

Depuis la publication de son brevet, M. Perrot a ajouté à sa machine quelques dispositions importantes pour éviter le bruit des chariots ; il a aussi changé ou modifié quelques organes qui n'ajoutent rien à la perfection et l'économie du travail.

Machine à imprimer avec un cylindre qui présente le dessin en relief.

Cette machine, qui est plus connue en Angleterre sous le nom de *Métier à surface*, et en France sous le nom de *Plombine*, *d'Hemetine*, etc., se compose d'un cylindre ou rouleau en bois dur, sur lequel sont appliqués des clichés métalliques représentant les dessins en relief. Ce cylindre est disposé sur un bâti analogue à celui de la machine du rouleau ; mais la couleur lui est fournie par le contact immédiat d'un drap sans fin qui passe continuellement dans une auge remplie de la matière colorante.

A vrai dire, le métier à surface n'est autre chose que la machine inventée par Nicholson, en 1790, mais perfectionnée par MM. Parkinson-Duffey, de Dublin, Church, Hémet, et autres (voir les *Essais chimiques* de Parkinson, traduits en français, 1820 ; London, Journal, 1824, page 57 ; Technologiste, juin 1841, p. 385).

Déjà, en 1780, on imprimait, en France, les toiles et les velours de coton, avec un cylindre de bois sur lequel on enfonçait des fils et des lames de laiton qui formaient le dessin en relief. On trouve, dans l'*Art du fabricant de velours*, par Roland de la Plâtière, le dessin et la description d'une machine en ce genre. Mais on ne peut se dissimuler que ces rouleaux, façonnés en métal, sont d'un prix élevé ; qu'il en faut un assortiment très dispendieux, qu'ils se détériorent par l'effet de l'humidité et de la pression qui les met promptement hors de service.

Cependant, un nommé Ebinger, de Saint-Denis, prit un brevet, en 1800, pour imprimer d'une manière continue avec des cylindres gravés en relief. En 1805, James Burton, ingénieur de la maison Peel, a appliqué également le rouleau à l'impression des tissus. On emploie peu cette machine en France, tandis qu'elle est assez usitée en Angleterre, tant pour imprimer à elle seule des dessins que pour enluminer des dessins imprimés au rouleau gravé en creux. On y a remplacé la gravure en bois par des cachets (clichés) en alliage fusible qu'on cloue sur les cylindres en bois, comme on le fait pour les planches de la perrotine. Ce changement, outre qu'il apportait une grande diminution dans les prix de gravure, permet d'obtenir des dessins plus délicats et plus nets, enfin le cylindre en bois, recouvert de vernis, n'étant plus en contact avec la couleur, était moins sujet à se déformer.

Les cylindres composés de clichés métalliques sont sans doute un progrès, à cause de la rapidité et de l'économie de la main-d'œuvre. Toutefois, leur construction nécessite encore des soins tout particuliers. Ainsi, il faut que les types soient tellement bien ajustés qu'ils ne forment pour ainsi dire qu'un seul morceau ; que le pied ou la queue de tous ces types appuie d'aplomb sur la périphérie du rouleau ; que tous les clichés forment entre eux une surface circulaire parfaite, et que leurs reliefs viennent, quand on fait tourner l'axe, toucher

parfaitement la même tangente au cercle; que tous les clichés successifs aient rigoureusement la même forme, le même rayon et la même fixité.

La fabrication des clichés fondus ne présente aucune difficulté. Il suffit de faire un modèle en bois, que l'on reproduit autant de fois que l'on en a besoin, par le procédé du clichage en alliage fusible, que nous avons déjà indiqué. On pourrait cependant employer l'alliage ordinaire des clicheurs, qui est plus résistant et plus durable.

Quand les clichés sont ainsi fondus, il s'agit de les ployer, et de leur donner la forme d'un segment de cercle qui s'adapte parfaitement sur la périphérie du cylindre destiné à le recevoir.

Plusieurs procédés plus ou moins compliqués et difficiles ont été inventés et employés depuis vingt années pour remplir ce but. Mais le moyen le plus simple et le plus facile est encore celui qui a été employé par Bonvalet, vers l'année 1770, pour ployer les planches de cuivre gravées en relief et leur donner la forme cylindrique (voir l'*Art de préparer et d'imprimer les étoffes de laine*, par Roland de la Plâtière).

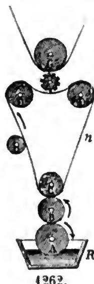
On pose le cliché, un peu amolli par la chaleur, horizontalement sur une pièce de bois creusée en gouttière, de la forme d'une portion du cylindre sur lequel on veut l'appliquer; on descend ensuite une autre pièce de bois appelée *mandrin*, dont la forme en dessous est convexe, et semblable au segment de cercle que l'on veut avoir. Le mandrin est adapté à la vis d'un balancier.

Nous citerons encore Hoffmann, qui a pris le premier en France, en 1792, un brevet d'invention pour un moyen de faire des dessins pour l'impression des toiles au moyen du polytypage. (Voyez tome II, *des Brevets expirés*.)

En 1814, Stranbart prit aussi un brevet pour un procédé analogue à celui de Hoffmann. Quoi qu'il en soit, tous ces procédés du clichage, déjà connus et publiés depuis longtemps, n'ont pu empêcher plusieurs personnes, fort honorables du reste, de se donner récemment pour les inventeurs réels de la méthode d'imprimer au cylindre en relief, dont la première idée appartient à Nicholson.

Burton, puis ensuite M. Howton, de Manchester, ont construit des machines, dites *mule-machine*, qui ne sont que la réunion, dans un même système, de cylindres en cuivre gravés en creux et de cylindres en bois gravés en relief.

Les Anglais ont apporté à cette machine un perfectionnement important pour le succès de l'impression. Dans les plombines françaises, le cylindre gravé se chargeait directement de couleur sur un rouleau fournisseur; la surface gravée n'était donc tangente qu'à un petit nombre de points de la couche de couleur étendue. Au contraire, dans les plombines anglaises ou *métiers à surface*, la couleur est portée par les cylindres du baquet ou réservoir sur un drap sans fin, où elle est uniformément répartie et duquel la reçoit le cylindre gravé.



1262.

La fig. 1262 représente cette disposition. Le drap sans fin *n* reçoit la couleur du baquet R par les rouleaux A, B, et est tendu par les trois cylindres C, D, E, en sorte que le rouleau prend la couleur sur la partie concave entre les deux cylindres E E.

Les fabricants français préfèrent à ces plombines la perrotine, qui a reçu tant de perfectionnements, et cela surtout, dit M. Persoz, parce que la couleur appliquée sur le tissu par une surface courbe étant toujours plus ou moins étendue, altère nécessairement plus ou moins la régularité des formes dont se compose le dessin.

Nous ne partageons pas cette manière de voir, et croyons que la simplicité de ces machines pour imprimer à plusieurs couleurs, à l'avantage qu'elles offrent sur le cylindre gravé en creux de ne pas écraser les premières couches déposées, en rendrait l'emploi profitable, si le cylindre pouvait être fabriqué dans de bonnes conditions d'économie et de perfection. A cet égard, nous rappellerons ici l'essai de M. Laboulaye, de former un cylindre en relief par des pièces fondues et assemblées par un simple écrou, cylindre qui a figuré à l'Exposition de 1849. Les progrès des procédés de la fonderie en caractères nous font croire que ce procédé a de l'avenir.

Ce système, appliqué soit à des cylindres, soit à des planches de perrotine, permettrait, en économisant tout le temps employé au placement des cachets, de transporter aux gravures servant à l'impression des toiles peintes tous les avantages de variation à l'infini des dessins, par les compositions et décompositions successives qu'utilise si bien la typographie. Nous souhaitons qu'un fabricant fasse l'essai de ce système, dont nous avons vu depuis longtemps un spécimen, à l'état de pièce curieuse, dans le cabinet de l'inventeur.

Machine à imprimer et rentrer plusieurs couleurs à la fois, par M. Urbain Troublé.

Cette machine, qui ne paraît pas avoir réalisé toutes les espérances qu'elle avait fait concevoir, l'emporte sur toutes celles connues par son bas prix et par le petit emplacement qu'elle nécessite.

Qu'on se figure une petite machine de 40 centimètres de longueur environ, de 30 centimètres de largeur, et de 25 à 30 centimètres de hauteur, qui participe de la machine au rouleau à deux couleurs, et du métier à surface le plus perfectionné. On engrène cette machine sur une petite règle dentée qui fait l'office de chemin de fer, et on la promène à la main sur toute la longueur de l'étoffe, bien tendue sur une table ordinaire d'imprimeur; on revient ensuite sur le dessin déjà imprimé, suivant le nombre et la nature des couleurs que l'on emploie.

Disons qu'à l'aide de cette machine, aussi simple qu'on peut le désirer, on peut obtenir une grande perfection dans les rentrures, et des effets de couleurs qu'il serait impossible de produire avec le seul rouleau, sans le concours de la planche.

PROCÉDÉS ET APPAREILS DIVERS.

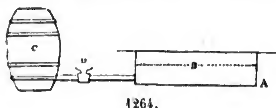
Châssis au canevas pour imprimer le bleu d'indigo à la planche (fig. 1264 et 1265). A, baquet en cuivre dans lequel on fixe au moyen des quatre vis *a*, *a*, *a*, *a*, un châssis B, sur lequel on tend un canevas fin et assez serré. Ce baquet communique avec un vase C par un tuyau en cuivre garni d'un robinet D.

Pour travailler avec cet appareil, on introduit d'abord la couleur dans le vase C qui ferme hermétiquement. On ouvre ensuite le robinet D, afin que la couleur s'écoule dans le baquet, et on le ferme aussitôt qu'elle est parvenue jusqu'au canevas.

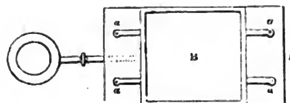
La couleur qui doit passer un peu au travers du canevas est étendue avec une racle en bois que le tireur promène dessus, et l'ouvrier imprimeur applique aussitôt la planche gravée.

MM. Wood et Wright, en Angleterre, ont modifié la

manière de se servir de cet appareil, qui a été inventé, dit-on, par M. de Kurrer, d'Augsbourg, il y a près de 30 ans. Cette manière consiste en ce qu'on n'étend pas la couleur sur le canevas avec une racle; ce qui dispense d'occuper un tireur.



1264.



1265.

Le châssis B est recouvert d'une étoffe à jour telle que de la mousseline, ou de la flanelle très claire qui doit être bien tendue sur un cadre en bois comme dans les châssis ordinaires. Quand l'imprimeur applique sa planche sur cette étoffe, la couleur monte et pénètre au travers des mailles; puis elle se retire et rentre sous le tissu, lorsque l'imprimeur enlève sa planche.

Cette disposition prévient jusqu'à un certain point l'oxygénation de l'indigo; mais on conçoit facilement que le mode de prendre la couleur sur le châssis exige beaucoup de soin et d'habileté de la part de l'ouvrier.

Châssis pour l'impression simultanée de plusieurs couleurs. Une application du principe de l'émission des couleurs sur le châssis, au moyen de la pression du liquide lui-même a été faite en 1836, par MM. Loffet et Manger de Rouen pour imprimer plusieurs couleurs à la fois (voir tom. 45, page 95, des *Brevets expirés*). Nous allons tâcher de faire comprendre le mécanisme de leur invention.

Le châssis à couleur de MM. Loffet et Manger est en plomb et divisé en plusieurs compartiments de forme irrégulière; les couleurs qui doivent l'alimenter sont renfermées dans des réservoirs séparés, placés à côté, et mis en communication avec lui par des tuyaux en plomb garnis de robinets. Ces couleurs ne doivent pas dépasser le niveau du châssis garni de mousseline qui est placé dessus; il faut avoir soin que ce niveau reste constant.

Les couleurs, en partant des cases ou réservoirs, se rendent chacune dans les compartiments horizontaux qui sont établis au-dessous du châssis où elles arrivent par des tubes verticaux, correspondant à chaque compartiment de couleur.

Pour empêcher le mélange des diverses couleurs sur la mousseline, on cloue de petites lames de plomb qui suivent exactement les contours des compartiments, et on les mastique au-dessous et au-dessus de la toile.

Le châssis de mousseline est soutenu en l'air par des ressorts à boudin; et il s'abaisse sur la couleur, lorsque l'imprimeur appuie sa planche dessus. Les couleurs par suite de la compression et de la loi de l'impénétrabilité passent au travers des mailles de la mousseline et s'attachent à la planche.

MM. Henri Schlumberger et Auguste Scheurer de Mulhouse, ont écrit qu'on pouvait simplifier cet appareil en supprimant, par exemple, tous les compartiments inférieurs, et les remplaçant simplement par des tubes en caout-chouc qui partiraient des réservoirs de couleurs, et se rendraient ainsi directement dans le châssis à compartiment, ces tubes se courbant et se prêtant à volonté s'adapteraient facilement à tout dessin quelconque (voir *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, tom. XI, page 45.)

Déjà, en 1832, M. Camille Kœchlin avait publié dans le Bulletin n° 28 de la même société, le dessin et la description de deux appareils fondés sur ce principe et plus utiles que les deux dispositions dont il vient d'être question, surtout pour l'impression des rayures et des dessins en zig-zag de différentes couleurs.

L'un de ces appareils, inventé vers l'année 1828, en Angleterre, par M. Alfred Thomas, n'est autre chose qu'une bassine divisée en plusieurs compartiments égaux et parallèles, destinés à recevoir chacune des couleurs différentes qui s'écoulent directement sur l'étoffe à imprimer.

Pour procéder à l'impression à l'aide de cette bassine, on commence par la fixer à demeure au devant d'une machine à imprimer au rouleau, qui sert tout simplement à attirer et sécher les étoffes à fur et à mesure de l'impression, puis on place l'étoffe, enroulée sur une bobine, sous le fond de la bassine, qui est arrondi. On l'engage ensuite entre les rouleaux de la machine à imprimer.

On ouvre les robinets qui sont adaptés à chaque compartiment d'une seconde bassine, afin que chaque couleur distincte s'écoule dans les cases correspondantes de la première bassine.

On met aussitôt la machine à imprimer en mouvement; et les couleurs qui s'écoulent sur l'étoffe par des caniveaux percés en ligne droite sur le fond de la bassine, forment des rayures de différentes couleurs qui tombent les unes à côté des autres, sans se confondre ni se mêler.

Les trous d'écoulement, du reste, sont très étroits, rectangulaires et disposés en quinconce, de telle manière que leurs côtés contigus sont situés sur une même ligne droite, et parallèles à la lisière de l'étoffe. La longueur du trou ou rectangle varie en outre, suivant la largeur des rayures que l'on veut produire; mais on peut toujours obtenir avec la même bassine une rayure uniforme d'une largeur double ou triple d'une autre, en remplissant deux ou trois cases contiguës de la même couleur; on peut encore produire des rayures sur des étoffes blanches ou teintes par les procédés ordinaires, en ne mettant pas de couleurs dans certaines cases qui formeront ainsi sur l'étoffe un espace vide et non imprimé.

Ce procédé a été appliqué et perfectionné depuis par M. Léon Godefroy, de Puteaux, pour imprimer des zones fondues ou dégradées sur étoffes de laine; mais il peut servir de même sur toutes espèces d'étoffes.

La fig. 1266 représente la coupe verticale de l'appareil de M. Godefroy adapté à une machine à imprimer au rouleau.

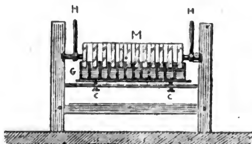
G, bassine divisée dans sa longueur en cinq compartiments égaux et parallèles qui renferment autant de nuances différentes et disposées les unes à côté des autres, de manière à pouvoir former sur l'étoffe des zones parfaitement dégradées.

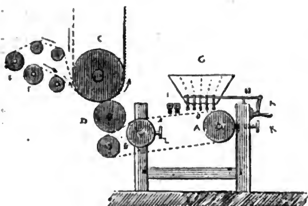
Cinq robinets posés parallèlement sur le fond de la bassine, correspondent chacun à un compartiment de couleur.

Le boisseau de chaque robinet est percé, dans sa longueur, de plusieurs trous rectangulaires, à des distances égales et déterminées, comme on les trouve dans la bassine de M. Alfred Thomas; c'est à l'aide de ces robinets qu'on règle l'écoulement des couleurs, en raison de l'intensité de la dégradation que l'on veut avoir, et surtout de la fluidité des couleurs d'impression. Pour cela, on tourne plus ou moins chaque boisseau de robinet, dont l'extrémité est accrochée à des leviers perpendiculaires et distincts, que l'on engrène à la distance convenable sur des bielles ou crémaillères horizonta-

les N. Ces bielles, qui sont retenues fixement avec les leviers des robinets au moyen de ressorts à boudin, s'assemblent sur une bascule, laquelle sert à faire mouvoir simultanément tous les robinets, lorsqu'on appuie la main sur la poignée ou *manette* H.

1267.





1266.

o, drap sans fin, qui reçoit les couleurs qui s'écoulent par les trous rectangulaires des robinets, et qui les fournit au cylindre gravé D.

I, I, deux brosses en poils de sanglier qui frottent sur le drap sans fin, et qui servent ainsi à étendre et à unir les couleurs; l'une de ces brosses éprouve un mouvement de va-et-vient qui a pour objet de fondre les nuances les unes dans les autres; et l'autre, qui est fixe, sert pour les égaliser.

Pour opérer, l'imprimeur qui est chargé de conduire la machine au rouleau saisit avec la main la poignée H; il l'abaisse lestement une ou plusieurs fois pour ouvrir simultanément tous les robinets, et essayer ainsi si les couleurs s'écoulent bien également et uniformément sur le drap sans fin.

Lorsque l'écoulement des couleurs est bien réglé par l'imprimeur lui-même, on fait marcher la machine à imprimer comme nous l'avons dit page 2054. Pendant l'opération, le tireur appuie de temps en temps sur la manette H pour fournir la couleur au drap sans fin. Cette manière de fournir la couleur au rouleau par intermittence est excellente et rigoureuse pour obtenir une impression nette et uniforme.

La fig. 1267 représente une autre disposition imaginée par le même fabricant, pour faire les zones dégradées à l'aide de la machine au rouleau.

M, cylindre en métal d'imprimerie composé des disques dont la circonférence est divisée en 3 ou 4 segments gravés en hélice. Chaque disque prend une couleur différente dans une bassine distincte, il la transmet au drap sans fin qui la fournit au cylindre gravé.

On dispose ainsi deux cylindres avec leurs bassines qui sont fondues en métal d'imprimerie, parallèlement au premier cylindre qui est en avant du drap sans fin, de manière qu'ils touchent légèrement sa circonférence.

Les deux rangées de bassines sont placées sur une tablette en bois qu'on élève ou abaisse à volonté, au moyen de vis de rappel, afin de faire tremper plus ou moins les disques dans les couleurs.

On règle la pression de ces cylindres contre le drap sans fin, à l'aide des vis de rappel, et on rend la pression intermittente comme pour la bassine ci-dessus décrite, au moyen d'une roue à ellipse qui est liée avec le système de va-et-vient de la racle.

On conçoit que par cette disposition chaque disque peut donner une couleur différente, et que ces couleurs étant reproduites sur l'étoffe, il doit en résulter des zones très variées et régulièrement fondues. Si l'on veut produire des zones plus ou moins larges, on rapproche plus ou moins les disques gravés.

Lorsque l'on veut imprimer des dessins unis entre deux zones fondues, on réserve à la distance convenable un certain nombre de disques qui ne doivent pas fournir de couleur. On imprime le dessin avec un second cylindre gravé, à la manière ordinaire. On imprime aussi par ce moyen des dessins à une, deux ou trois couleurs; avec des zones fondues par dessus et réciproquement.

On fait encore beaucoup de zones ombrées par l'impression à la main, méthode qui a été inventée par M. Spœrlin, de Vienne, vers l'année 1817.

Cette méthode consiste dans la disposition d'une série de petites auges ou bassines en métal fusible ou en cuivre juxtaposées et fixées solidement sur une planche de bois. Chaque auge renferme une nuance de couleur, et ces nuances sont disposées dans l'ordre suivant : couleur claire, couleur intermédiaire; couleur foncée, couleur intermédiaire; couleur claire, couleur intermédiaire... et ainsi de suite, suivant le nombre de zones que l'on veut avoir ou que l'on peut avoir sur la largeur de l'étoffe; mais il faut arranger les couleurs, de manière à ce que les fondus se raccordent bien sur les lisières de l'étoffe imprimée; ainsi, si l'une des lisières est imprimée avec la nuance claire, l'autre devra être imprimée avec la nuance intermédiaire. Pour y parvenir, on espace les augets à la distance convenable.

Pour prendre la couleur on peut employer une brosse partagée en autant de pinceaux séparés qu'il y a de bassines, comme M. Spœrlin; ou mieux, se servir d'une planche de bois, sur laquelle sont cloués, à des distances égales à la largeur de chaque bassine, des fils de laiton. Ces fils de laiton sont recourbés, de manière à former la moitié d'un rectangle de la longueur de la bassine.

Le tireur plonge les fils de laiton d'aplomb dans les auges, en tenant la planche avec les deux mains; et il les transporte aussitôt sur le drap du châssis, sur lequel il laisse des traces de couleurs. Il plonge de nouveau les fils de laiton dans les auges, toujours dans la même place, et les abandonne pendant un instant. Il prend ensuite une brosse de la même largeur que le châssis, et la promène carrément pour étendre et fondre les couleurs.

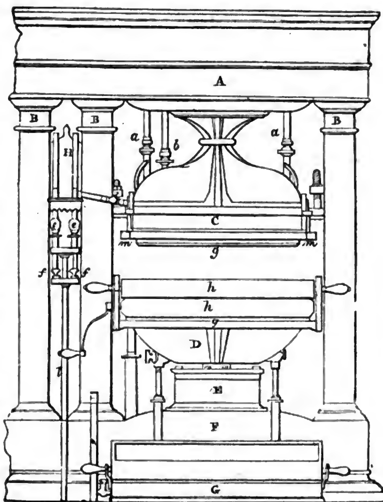
Procédé de Vérité et Moisset, pour l'impression à une seule couleur seulement, avec des gradations distinctes. —(Voir tome XXXVIII, p. 425, des *Brevets expirés*. On commence d'abord par appliquer, comme cela se pratique ordinairement, au moyen d'une planche plate en bois ou en métal, façonnée suivant les contours du sujet que l'on veut imprimer, une teinte plate et unie du ton de la partie du dessin qui doit être la plus foncée; ensuite on applique sur cette teinte plate, pendant qu'elle est encore humide, une autre planche, également en bois ou en métal, sur laquelle on a fait graver et sculpter toutes les parties du dessin; puis on exerce, par un moyen quelconque, une pression sur cette

planche : il en résulte que les parties les plus saillantes de la planche gravée et sculptée repoussent, par l'effet de la pression, la couleur qui rentre dans le tissu, et qui sort même par l'envers, et comme la couleur pénètre dans l'épaisseur du tissu d'autant plus qu'elle est plus fortement pressée, il s'ensuit que les endroits du dessin sur lesquels la pression de la planche doit s'exercer davantage, perdent de leur teinte du côté de l'endroit de l'étoffe, et que l'envers s'empare et se colore de la couleur repoussée plus ou moins fortement. On conçoit facilement que par suite de cet effet la dégradation des teintes dépendra uniquement de la forme de la gravure et de la sculpture qui seront pratiquées sur la planche gravée et sculptée, et que si l'on veut, par exemple, représenter par l'impression un cylindre vu extérieurement, il suffira de graver et de sculpter sur la planche la forme d'un cylindre creux; et comme il en serait de même de toutes autres figures, il s'ensuit qu'en gravant et en sculptant sur la planche un dessin aussi compliqué et aussi délicat qu'on voudra, l'impression rendra, avec la plus grande exactitude, la contre-partie de ce dessin, dans lequel les dégradations de teintes seront d'autant plus parfaites que la gravure et la sculpture sur la planche seront mieux faites.

Impressions à plusieurs couleurs avec dégradation de teintes par les mêmes. — L'impression à plusieurs couleurs avec dégradations de teintes s'obtient absolument de la même manière que l'impression à une seule couleur; seulement, il faut avoir soin d'appliquer d'abord, à l'aide d'une seule ou de plusieurs planches plates disposées convenablement, autant de teintes unies qu'on veut mettre de couleurs dans le dessin, et dont chacune doit être de la couleur la plus foncée de toutes celles qui doivent exister dans l'impression pour la même couleur. Toutes ces teintes unies étant appliquées chacune à l'endroit du dessin qu'elle doit occuper, on pose la planche sur laquelle le dessin tout entier se trouve gravé et sculpté, et l'on obtient, par l'effet de la pression, une impression qui représente parfaitement le sujet qu'on a voulu représenter, et dans laquelle les teintes plates et les teintes fondues ont pris, dans chacune des couleurs qu'on a employées, le degré de nuance qu'on a voulu leur donner. Il est à remarquer que, dans les impressions à plusieurs couleurs, on pourra, avant d'appliquer la planche gravée et sculptée, poser, avec des planches unies, des teintes plates sur d'autres teintes également plates qui auraient déjà été appliquées, et qu'on aurait laissé sécher; ces secondes teintes plates appliquées, en totalité ou en partie, sur d'autres teintes de différentes couleurs, offriront, lors de la pression sur la planche gravée et sculptée, des teintes transparentes de diverses nuances.

Appareils pour rongeants. La fig. 1268 représente une presse hydraulique (de M. Montheith de Glascow) vue de face, en élévation. A, est le sommet ou l'entablement; B, B, les pilastres ou jumelles; C, le chapeau auquel est attaché la planche supérieure; D, le plateau mobile; E, le cylindre ou corps de pompe; F, le sommier de la presse; G, un réservoir plein d'eau, dans lequel tombe l'étoffe en sortant de la presse; H, récipient contenant la liqueur décolorante.

a, a, tuyaux qui conduisent l'eau sur le tissu; *b*, tuyau à air; *c*, robinet qui permet à la liqueur de passer du réservoir H sur le tissu; *d, d*, tubes de verre gradués pour indiquer la hauteur de la liqueur dans le récipient; *e, e*, robinets de verre pour admettre la liqueur dans le récipient; *f, f*, robinets d'introduction de l'eau; *g, g*, les planches en plomb découpées suivant les contours du dessin que l'on veut réserver en blanc; *h, h*, rouleaux placés en avant de la presse, et entre lesquels l'étoffe est pressée, après avoir été soumise à l'action de la liqueur, pour tomber ensuite dans le réservoir G; *i, i*, tuyaux de décharge pour l'eau et la liqueur; K, robinet pour remplir d'eau le réservoir G; *l*, tuyau qui conduit la liqueur dans le réservoir H; *m, m*, repères adaptés à chaque angle du plateau supérieur, et dans lesquels s'engagent des broches fixées sur les planches inférieures; *n, n*, vis pour régler la parfaite horizontalité des planches de plomb, de manière



1268.

à ce qu'elles correspondent exactement l'une avec l'autre.

On réunit habituellement plusieurs presses semblables pour éviter toute perte de temps; et la machine à vapeur qui les fait mouvoir peut agir successivement sur chacune à l'aide de deux pompes différentes.

La presse est mue par deux pompes, afin d'éviter les pertes de temps et remplir rapidement le corps de la presse; le piston du plus gros cylindre, de 22 centimètres de diamètre, a une course de 70 centimètres; sa tige passe dans une boîte à étoupes, et il est mû par une force équivalente à 5,000 kilogr.; le piston du second cylindre n'a que 2 centimètres 1/2 de diamètre; il est également mû par une force de 5,000 kilogr.; et sa course est aussi de 70 centimètres.

Les pistons étant au bas de leur course, on fait agir, au moyen de la machine à vapeur, de petites pompes foulantes, dont deux servent à élever le grand piston, et deux autres le petit piston. Aussitôt, il s'introduit dans les tuyaux une quantité d'eau assez con-

sidérable pour que les pistons arrivent à leur point le plus élevé : alors ils sont disposés pour faire agir la presse hydraulique. La pression hydrostatique se communique par des tuyaux en cuivre d'un petit calibre situés au-dessous du plancher, et d'une épaisseur suffisante pour résister à la pression.

Cette presse est munie de robinets : l'un ouvre la communication entre le grand tuyau et le corps de pompe de la presse; l'autre établit la communication avec le petit tuyau. Le premier permet d'élever le plateau mobile, et de le mettre en contact avec le plateau supérieur; l'objet du second est d'opérer la pression nécessaire ; le troisième robinet, dit *de décharge*, est destiné à faire écouler l'eau quand on veut desserrer la presse.

Douze à quatorze pièces d'étoffe, préalablement teintes en rouge d'Andrinople, sont étendues et pliées l'une sur l'autre, aussi également que possible, à l'aide d'une machine appropriée à cet usage. Les pièces sont ensuite enroulées sur un tambour en bois, placé derrière la presse. On place une certaine portion des pièces enroulées sur la planche inférieure, et on fixe des crochets aux deux lisières. On ouvre ensuite le robinet communiquant avec le grand tuyau ; l'eau, en pénétrant dans le corps de pompe, élève aussitôt le plateau mobile du dessous, de manière que l'étoffe dont elle est chargée s'applique exactement contre la planche supérieure, puis on ferme ce robinet, et on ouvre le second ; le poids de 5,000 kilogr. que porte le petit piston du tuyau, étant multiplié par le rapport de la section du cylindre de la presse et la surface du petit piston donnerait la mesure de la pression énorme avec laquelle l'étoffe est comprimée contre les planches de métal.

L'opération suivante consiste à faire arriver sur l'étoffe la liqueur destinée à enlever la couleur. Cette liqueur, composée de chlore liquide, qu'on obtient en ajoutant à une solution de chlorure de chaux d'une pesanteur spécifique de 1,010 un centième de son poids d'acide sulfurique à 1,846 de densité, est tenue dans un grand récipient placé dans une pièce contiguë, d'où elle est amenée dans de petits réservoirs de plomb H.

A mesure que la liqueur sort du réservoir en plomb, elle passe, en traversant les figures découpées, dans les planches supérieures, sur l'étoffe qu'elle pénètre, et dont elle enlève la couleur rouge ; de là elle se rend par les trous de la planche inférieure dans le tuyau de décharge.

Immédiatement après le passage de la liqueur, on laisse arriver sur l'étoffe de l'eau, qui enlève le chlore qui y adhère encore, et empêche en même temps son action corrosive. Si on négligeait cette précaution, il arriverait qu'en desserrant la presse, le contour du dessin serait inégal et que l'étoffe se trouverait altérée. On peut faciliter le passage de la liqueur ainsi que de l'eau à travers l'étoffe, au moyen d'un appareil pneumatique ou d'une machine soufflante, composée d'un grand gazomètre, d'où l'air, soumis à une pression modérée, s'échappe et agit dans la direction des liquides entre les planches et l'étoffe. En tournant le robinet à air, l'ouvrier peut aussi s'assurer de l'égalité de la distribution de la liqueur décolorante sur tous les vides de la planche supérieure. Lorsque les commandes sont nombreuses et pressées, on se sert fréquemment de l'appareil à air, parce qu'il permet à l'ouvrier de doubler son travail.

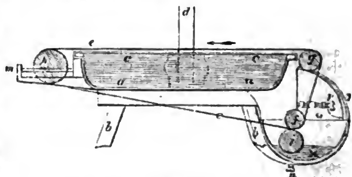
Le temps nécessaire pour opérer l'enlevage dans la première presse, suffit aux ouvriers qui ont aidé à charger pour mettre en jeu d'autres presses. Celui qui est chargé de l'enlevage passe ainsi d'une presse à l'autre, il introduit la liqueur, l'air et l'eau, et il est suivi, à des intervalles réguliers, par les autres ouvriers qui desserrent les presses, disposent sur les planches une nouvelle couche d'étoffe, et opèrent ensuite la pression. Toute l'opération dure 10 minutes seulement, temps pendant lequel 224 mouchoirs (16×14) sont décolorés.

La quantité d'étoffe enroulée sur le tambour est successivement déroulée pour être soumise au même traitement.

En sortant de la presse, elle passe entre deux rouleaux *h h*, placés en avant, et de là elle plonge dans un réservoir d'eau disposé au-dessous ; finalement, on la transporte à la blanchisserie, où les blancs réservés acquièrent encore plus d'éclat.

Préparation des planches de plomb.—Les planches de plomb destinées à produire les dessins réservés en blanc sur l'étoffe sont préparées de la manière suivante. On fixe solidement dans un châssis de fonte de fer à jour, de 2 centimètres d'épaisseur, à l'aide de vis et d'écrous, une planche de plomb de 15 millimètres environ d'épaisseur, on soude sur les bords de ce châssis une feuille mince de plomb, qui doit recouvrir toute la surface extérieure, afin que le fer ne soit point en contact ni avec l'étoffe, ni avec la liqueur. On forme ainsi une espèce de bassine de 2 centimètres de profondeur, qui sert à retenir la liqueur. On soude ensuite au fond de cette bassine une seconde feuille mince de plomb. Les feuilles de plomb seront parfaitement planes et unies, ce qu'on obtiendra, en les battant d'abord à coups de marteau sur une table de pierre bien lisse, et en les finissant ensuite avec un rabot. On décalque sur cette feuille de plomb par les méthodes que nous avons déjà indiquées, page 1223, le dessin qu'on veut produire, et on le remet à l'ouvrier chargé de le découper à jour. Celui-ci procède à cette opération avec les petits outils généralement en usage parmi les graveurs sur bois. Il coupe perpendiculairement à travers la feuille même. Les morceaux de plomb, découpés par l'outil tranchant, sont aisément enlevés ; et c'est ainsi que se forment les vides qui produisent les figures blanches sur le tissu rouge. On pratique au fond de ces vides et à travers les planches épaisses de plomb, un nombre suffisant de petits trous, à travers lesquels la liqueur décolorante passe sur l'étoffe. Une des planches étant ainsi préparée, on en tire une épreuve qui est décalquée sur l'autre planche, laquelle est découpée de la même manière.

Tireur mécanique à mouvement continu pour l'impression à la main. — M. Hudson de Galle a pris une patente en Angleterre, au mois de décembre 1834, et un brevet d'importation en France, le 6 novembre 1835, pour cet appareil, qui doit remplacer le tireur dans l'impression à la main.



1269.

D'après l'inspection de la fig. 1269, il est facile de comprendre que le tireur de M. Hudson n'est autre chose qu'un drap sans fin tournant sur un baquet rempli de fausse couleur.

a, caisse de fonte de 35 centimètres de largeur sur 50 centimètres de longueur et 10 centimètres de pro-

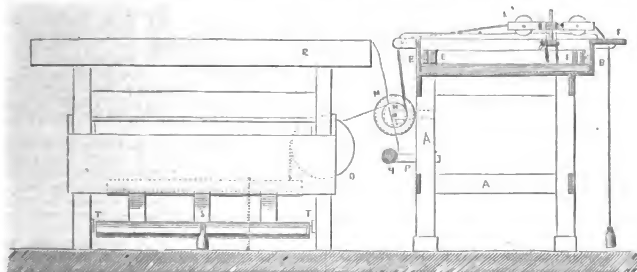
fondeur, renfermant de l'eau gommée dite la fausse couleur ou de l'eau, et recouverte hermétiquement avec de la toile cirée *c*. *d*, tube vertical par lequel on introduit l'eau ou la fausse couleur, qui descend d'un réservoir plus élevé, et exerce ainsi une pression suffisante sur la toile cirée. La caisse *a* est placée sur quatre pieds *b*, d'environ 35 centimètres. *e*, drap sans fin, soutenu et tendu par trois rouleaux, *f*, *g*, *h*. J, réservoir contenant la couleur, et muni d'un petit rouleau fournisseur *i*, en contact avec le drap sans fin *e*. On communique le mouvement au cylindre par une force mécanique, et celui-ci fait tourner le drap sans fin, qui se charge de couleur en passant sur le cylindre fournisseur *i*. Entre le rouleau inférieur *f* et le rouleau supérieur *g*, on voit une racle en acier *o*, que l'on presse plus ou moins contre le drap sans fin *e*, à l'aide de la vis *p*, afin d'enlever la couleur superflue. *m*, vis de rappel pour tendre le drap sans fin. *n*, vis de rappel pour élever le bassin *j*, et mettre le cylindre *i* en contact avec le drap sans fin. On vide au besoin la caisse *a* et le réservoir J, au moyen de robinets qui sont adaptés au fond de chacun d'eux.

Quand l'imprimeur veut prendre de la couleur, il arrête le mouvement du drap sans fin, et il applique sa planche à la manière ordinaire. Quelques praticiens ont écrit que cet appareil ne peut servir ni pour les dessins délicats, ni pour tous les épaississants, parce qu'il fait durcir la couleur en la mettant en trop grand contact avec l'air; qu'il est trop coûteux pour les frais d'établissement et pour la transmission du mouvement. Mais ces critiques ne nous paraissent pas entièrement fondées; n'emploie-t-on pas déjà le drap sans fin dans les machines à imprimer au rouleau; et ne le juge-t-on pas très bon pour fournir la couleur aux cylindres gravés en relief.

Tireur mécanique pour l'impression à la main, par Witz Kœnig et Dupasquier-Boulet (brevet de dix ans, délivré le 27 juin 1838). — (fig 1270) A, bâti en bois, roulent sur deux rails en fer *f*. *a*, *a*, racles en bois fixées sur les traverses H par deux boulons avec écrous à oreilles *b*. Chacune de ces racles est en deux parties. La racle intérieure est recouverte quelquefois d'une bande de drap. Elles sont réunies à la partie supérieure par deux charnières, disposées de telle sorte que, pendant le travail des racles, celle qui se trouve en avant du mouvement cède au frottement sur le matelas, s'incline, et ne sert alors qu'à mieux étendre la couleur, tandis que la seconde reste dans une position verticale.

I, montants verticaux qui soutiennent la traverse ou porte-racle H. Ces deux montants passent dans deux mortaises pratiquées dans la traverse I, et sont maintenues dans une position fixe au moyen des vis de pression *c*. C'est à l'aide des deux montants I, qui glissent à volonté dans les mortaises de la traverse J, que l'on peut régler convenablement la pression des racles sur le châssis. *f*, rails en fer placés de chaque côté de la laisse B dans le sens de sa longueur, sur lesquels roulent les galets *e*, *e*. *g*, contre-poids suspendu par une petite corde à la partie postérieure du chariot. Ce contre-poids est destiné à ramener le chariot en arrière lorsqu'il a été poussé en avant par l'imprimeur.

L, arbre horizontal en fer, soutenu de chaque côté du bâti par deux petits supports ou coussinets, *h*. M, deux poulies à gorge en bois, adaptées à chaque extrémité de l'arbre L. N, autre poulie fixée sur l'arbre L, autour de laquelle s'enroule une corde, dont l'une des extrémités est attachée sur le disque ou tambour O. I, deux pitons, fixés sur chaque poulie M, auxquels sont attachées des cordes qui tirent le chariot, K, K, en avant. F, quatre poulies à gorge en fonte, adaptées à chaque extrémité des deux rails en fer *f*, et sur lesquelles frottent les cordes qui soutiennent le contre-poids *g*, et celles qui sont liées aux poulies M. O, tambour en bois, monté sur l'un des pieds de devant de la



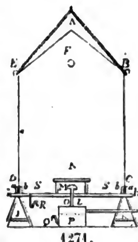
1270.

composé de quatre montants verticaux réunis par des traverses horizontales A. B, caisse en bois, fixée après le bâti, contenant la fausse couleur. C, cadre en bois, ou châssis recouvert de toile cirée. D, fausse couleur contenue dans la caisse B. E, châssis de drap ordinaire, dans lequel on étend ou *tire* la couleur. F, table en bois sur laquelle on place le pot contenant la couleur destinée à l'imprimeur. H, H, traverse horizontale en bois, qui soutient tout à la fois les racles *a*, *a*, et l'écartement des deux côtés du chariot K. K. Ces traverses sont garnies à leurs extrémités de deux galets *e*, *e*, qui table d'imprimeur. P, deux coussinets en bois qui supportent les anses du rouleau Q, sur lequel l'étoffe à imprimer est enroulée. R, dessus de la table à imprimer. S, pédale placée à la partie inférieure de la table à imprimer, dont les pivots tournent dans les deux crapaudines T. Cette pédale est liée au tambour O par une corde, dont l'autre extrémité est attachée sur le périphérie de la poulie N. *p*, contre-poids placé en avant de la pédale S.

Appareils servant à fixer les couleurs sur les étoffes. Ces appareils peuvent se réduire à cinq principaux, sa-

voir : 1° la guérite ; 2° la boîte ; 3° la chambre ; 4° la cuve ; 5° la colonne.

Fixage à la guérite (figure 1271). A B C D, caisse en cuivre, dont la partie supérieure est en forme de toit, pour l'écoulement de l'eau condensée sur les parois. Les côtés B C E D, ont une hauteur de 1m,50 sur 2m de longueur ; la largeur E B, est de 1m,25 ; la distance du point A, à la ligne E B, est de 65 centim. Sur l'un des côtés, en F, est une douille en cuivre que l'on ferme avec un bouchon Il en existe une semblable à la partie opposée. On enlève le toit E A B, au moyen d'un treuil et de quatre cordes fixées aux quatre angles du toit en E et B.



1271.

Cette caisse repose sur un bâti G H I K, et ses quatre côtés sont enclavés dans des rainures *b a*, disposées carrément sur la table G H. Ces rainures sont garnies de drap afin d'empêcher les fuites de la vapeur.

La vapeur arrive au centre de la caisse par le tuyau L, qui est surmonté d'une pomme d'arrosoir M. Au-dessus de cette pomme on place une planche N, supportée par quatre pieds, afin de distribuer plus également la vapeur, et d'empêcher qu'elle ne touche les pièces.

Le tuyau L communique avec une boîte P, qui est muni d'un robinet Q pour donner une issue à l'eau condensée.

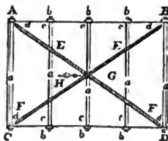
La tablette H, est inclinée vers la partie de gauche à laquelle est adapté un robinet R pour retirer l'eau condensée.

Les pièces que l'on veut fixer sont accrochées et tendues sur un cadre en bois formé de deux châssis rectangulaires maintenus à la distance de 1m,20 par des traverses en bois. Ce cadre a des dimensions convenables pour entrer dans la caisse B C D E. Sur les deux côtés de la largeur sont posées deux rangées de crochets en cuivre écartés les uns des autres de 10 à 15 millim. Ils sont soudés sur une plaque de cuivre qui se fixe avec des vis. On attache les lisières des pièces en zig-zag d'un crochet de gauche au crochet de droite, et ainsi de suite ; et, quand le cadre est rempli, on l'enveloppe d'un sac en drap qui a la forme d'un parallélipipède, de manière que les pièces sont totalement renfermées. Ceci terminé, on enlève la guérite A B C D E, au moyen du treuil ; on place le cadre sur la table G H, qui porte, à cet effet, des supports S S, de même hauteur que la planchette N ; puis on abaisse la guérite, et l'on fait arriver la vapeur pendant 35 à 45 minutes. Pour donner issue à l'air, on ouvre la douille F, que l'on remet lorsque la vapeur s'échappe. On relève ensuite la guérite, on retire le cadre, on détache le sac, puis on décroche les pièces que l'on évente aussitôt.

Cette méthode, du reste, d'accrocher les pièces, occasionne souvent des accidents et des taches, et il est bien plus sage d'y renoncer, d'autant plus qu'il existe d'autres moyens plus sûrs et plus expéditifs.

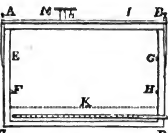
Fixage à la boîte. (Fig. 1272) A B C D, boîte en bois de sapin de 10 centim. d'épaisseur. La longueur est de 2m, la largeur de 1m,50, la hauteur de 1m. Les rebords supérieurs sont garnis de drap.

(Fig. 1273) I, couvercle de la boîte en bois de même épaisseur ; il est assujetti par cinq traverses en fer *a a*, fixées avec des vis *c c*, et dont les extrémités sont engagées dans des mortaises en *b b*, à demeure sur la boîte A B C D.



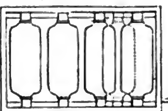
1272.

M, soupape de sûreté adaptée sur le couvercle I ; *d d*, 4 anneaux en fer auxquels sont attachées solidement des cordes F F, qui se réunissent au centre G ; c'est à ce point de centre qu'on attache une corde qui passe sur une moufle et qui sert à enlever le couvercle.



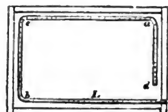
1273.

(Fig. 1273) K, contre-fond en toile monté sur un cadre en fer placé à 25 centimètres au-dessus du fond de la boîte. Entre celui-ci et le fond de la boîte C D, est le tube de vapeur L, (fig. 1275) qui fait le tour de la boîte, comme l'indiquent les lettres *b e a d* (figure 1275). Le tuyau L, dont l'extrémité *e* est fermée, est percé de trous dans toute sa longueur sur la paroi supérieure et sur le côté tourné vers le centre.



1274.

La fig. 1274 représente l'arrangement des bobines sur lesquelles on a enroulé les pièces destinées à être fixées. Ces bobines reposent sur deux tasseaux parallèles. La bobine ponctuée fait partie d'une rangée inférieure. Celles au trait sont les bobines de la rangée supérieure C'est ainsi, du reste, qu'on doit toujours les placer dans la cuve, c'est-à-dire qu'une bobine doit être placée entre deux.



1275.

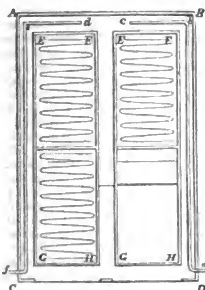
Enroulement des étoffes sur les bobines. On entoure d'abord les bobines de plusieurs doubles d'une étoffe de coton ou de laine assez lâche ; puis l'on enroule les étoffes à l'aide d'une machine à enrouler (fig. 1251). On entoure les étoffes de plusieurs tours de doublier, et on attache légèrement les deux lisières avec des ficelles.

Manière d'opérer. On dispose les bobines dans la cuve à la distance convenable, afin qu'elles ne se touchent pas ; on les couvre d'une couverture de laine pliée en double, on ferme le couvercle, et on fait entrer la vapeur pendant 45 minutes au moins ; on arrête la vapeur, on enlève le couvercle et on déroule les pièces promptement pour les éventer.

Fixage à la chambre. (Fig. 1276) Coupe horizontale. A B C D, chambre de 3m de hauteur sur 4m de longueur et 3m de largeur. La vapeur y entre par deux tuyaux *a b c*, *d e f*, dont les deux extrémités *f* et *c* sont fermées. Ces tuyaux sont percés de petits trous dans toute leur longueur.

E F G H, deux cadres mobiles qui glissent sur des roulettes ; les traverses E G, F H, sont garnies de crochets pour attacher les pièces en zig-zag, comme nous l'avons vu plus haut ; lorsque les pièces sont ainsi

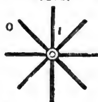
disposées (fig. 1276), on les recouvre avec des couvertures de laine pour les garantir de l'eau qui pourrait se condenser.



1276.

La durée du fixage est de 3/4 d'heure à 1 heure.

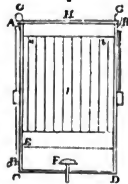
Fixage à la cuve ou au tonneau. Ce mode de fixage, pratiqué pour la première fois par M. de Kurrer, est le plus simple et préférable à tous pour opérer avec sûreté, célérité et économie.



1278.

(Fig. 1277) ABCD, cuve ou tonneau cylindrique. Le fond est percé d'un trou qui donne passage au tube F qui amène la vapeur. Ce tuyau est surmonté d'une pomme d'arrosoir ou champignon, percé circulairement d'une infinité de petits trous qui distribuent la vapeur plus également.

E, contre-fond en toile assez serrée, placé à 10 à 12 centimètres au-dessus du fond de la cuve. Il est destiné à arrêter l'eau qui pourrait être lancée par le tube F. et en même temps à isoler du corps de l'appareil celle condensée au fond du tonneau.



1277.

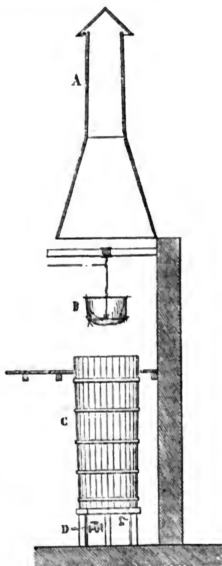
H, couvercle en bois dont le dessous est recouvert d'un drap ou d'une couverture de laine pour fermer plus exactement. Il est assujetti et pressé avec des crochets en S, auxquels on suspend des poids au moyen de cordes.

A $0^m,10$ ou $0^m,12$ au-dessous des bords de la cuve est un cercle ou liteau *a b*, sur lequel repose le cadre.

(Fig. 1278) I, cadre en fer auquel on suspend circulairement les pièces. Sa construction ressemble assez à celle d'une roue de voiture; mais la figure ci-dessus ne porte pas, par erreur du dessinateur, le cercle qui lie tous les rayons. Chaque rayon est garni de crochets en fer étamé et recouverts de drap pour éviter les taches d'oxyde. C'est sur ces crochets qu'on accroche circulairement la lisière d'un doublier en toile; et on applique tout simplement les pièces dessus, sans accrocher; ainsi les pièces sont maintenues seulement par le contact du doublier.

Le cadre est suspendu par son centre à une corde qui passe sur une moufle et qui sert à introduire le cadre I dans la cuve, et à le retirer après le temps nécessaire au fixage.

La figure 1279 représente la disposition d'une cuve à fixer à doubles parois, établie dans la fabrique de M. Godefroy, à Puteaux. Il est facile, par l'inspection de cette figure, de s'expliquer la construction de cet appareil et la manière de procéder.



1279.

On voit, au-dessus de la cuve à fixer, une hotte en bois A, qui s'élève jusqu'au dessus du toit de la fabrique; elle a pour objet de donner une prompte issue à la vapeur, afin qu'elle ne remplisse pas la pièce où l'on travaille.

Au fond de la cuve, dont l'intérieur, du reste, est disposé comme celui de l'appareil précédent, sont adaptés deux robinets; l'un D, sert à donner l'entrée à la vapeur, et l'autre à donner issue à l'air et à l'eau condensée.

Pour éviter que l'eau condensée ne mouille les pièces, on les enveloppe avec plusieurs tours de doublier, et on place au-dessous une espèce de filet en toile B, dont les coins sont attachés avec des ficelles sur le cercle en fer qui forme la périphérie du cadre. Ce filet soutient toute la masse des pièces roulées sur le cadre, et l'empêche de tomber au fond de la cuve et d'être mouillée.

Si l'on veut fixer des châles, on les attache sur le doublier avec des épingles qu'on pique sur leurs lisières; et s'ils sont trop larges, on les double en mettant l'endroit en dessus et les franges en haut.

Fixage à la colonne. La colonne (fig. 1280) est formée d'un cylindre en cuivre rouge A B de 15 à 20 centimètres de diamètre, et d'une longueur variable suivant la largeur des étoffes; cependant pour éviter un assortiment trop considérable de cylindres, on les construit sur une seule longueur de 1m,25, entre les deux disques en fer battu et étamé.



1280.

Le cylindre est percé dans toute sa longueur de trous de 3 à 4 millimètres de diamètre, disposés circulairement et espacés les uns des autres de 10 à 15 millimètres.

Ce cylindre porte deux axes ou tourillons, dont l'un est plein et fermé, et l'autre est creux, et tourné en forme de cône.

On enroule les pièces sur ce cylindre, comme nous l'avons déjà dit, en traitant du fixage à la boîte.

On se sert, pour cette opération, d'une machine à peu près semblable à celle que nous avons décrite plus haut, excepté qu'au lieu de faire frotter la colonne contre un cylindre qui lui donne le mouvement, on engage l'axe conique dans une douille liée à un arbre moteur mis en mouvement par le moteur de la fabrique.

On enroule une vingtaine de tours d'un doublier, et on serre fortement les deux lisières avec plusieurs tours d'un autre doublier, plié de manière a former une espèce de corde. Cette disposition est indispensable pour empêcher les fuites de la vapeur.

On arrête enfin sur l'axe du cylindre au moyen d'une broche en fer, qui le traverse ainsi que la douille conique.

Les disques qui sont soudés à chaque extrémité servent à soutenir les pièces et à les empêcher de tomber

Pour opérer le fixage, on place la colonne perpendiculaire sur la boîte E C D, de manière que l'axe conique entre à frottement dans la douille conique indiquée par des lignes ponctuées. L'axe supérieur est maintenu à l'aide d'une bride en fer. La boîte E C D porte, à sa partie inférieure, un bassin destiné à recevoir l'eau condensée pendant le fixage, et que l'on fait évacuer au moyen du robinet à droite E. L'autre robinet de gauche D sert à amener la vapeur produite par le générateur qui est placé au-dessous. Cette disposition, du moins, est convenable pour obtenir la vapeur dans toute sa force élastique.

FIXAGE A LA VAPEUR OU VAPORISAGE.

Le principe de cette opération a été posé par M. Edouard Schwartz : il consiste en ce que dans l'opération de vaporiser, il faut trouver moyen de fournir aux couleurs, sans nuire à l'impression, d'abord la quantité d'eau indispensable aux actions chimiques qui doivent s'accomplir, ensuite la quantité de chaleur qui doit favoriser l'attraction mutuelle des corps qui sont en présence et la fixation des couleurs à l'étoffe.

L'application rigoureuse de ce principe, si difficile déjà, observe M. Persoz, lorsqu'il ne s'agit que d'une couleur, le devient bien plus encore lorsqu'on en a plusieurs à fixer; car alors tantôt il en est qui, par leur nature plus hygrométriques que les autres, se fixent, dans les mêmes conditions de vaporisage, plus promptement au tissu, ou qui y adhèrent en même temps, mais les unes en conservant au dessin toute sa régularité, les autres en la faisant disparaître par les coulages qui s'opèrent; en sorte qu'il devient indispensable de les modifier toutes pour trouver le mode de fixation simultané qui leur convient le mieux. Quelquefois il y en a dont les éléments donnent lieu, par leur réaction, à des émanations acides qui agissent avec plus ou moins d'énergie sur les laques qui les accompagnent, en sorte qu'il faut, ou rendre celles-ci inattaquables, ou combattre l'action de l'acide. Dans ce cas, ordinairement, en l'entraînant par une affluence convenable de vapeur on diminue les effets de l'acide ou on les neutralise, soit en imprégnant les doubliers des pièces d'un corps saturant, soit en introduisant dans les couleurs, au lieu d'acide, des substances acides qui ne donnent plus lieu à ces dégagements.

M. Persoz a proposé, avec raison ce nous semble, d'associer dans certains cas à la vapeur des substances gazeuses capables de produire une fixation plus intime des substances colorantes. L'ammoniaque, le carbonate, l'acétate de cette base, pourraient être employés. Les bases des couleurs se trouvant ainsi dégagées des acides qui les maintiennent en dissolution, non pas seulement par l'action de la chaleur seule, mais par un véritable phénomène de déplacement, il en résulterait à la fois un fixage plus régulier, et la combinaison d'une plus grande quantité de matière colorante au tissu.

Mais la condition essentielle, nous dirons même la plus indispensable, est de bien conduire la vapeur, de la pousser avec force, et de la distribuer également et uniformément dans l'appareil.

Les pièces à fixer et les doubliers doivent être très secs et très propres.

L'enroulement des pièces et des doubliers doit être fait bien également et sans plis, qui formeraient des irrégularités dans les nuances.

On doit envelopper les étoffes encadrées ou enroulées, préférablement avec une couverture de laine, d'un tissu très velu, peu serré, qui laisse passer facilement la vapeur, et qui retienne difficilement l'eau de condensation. Les toiles de fil et de coton, au contraire, attirent et retiennent trop facilement la vapeur humide, et d'autant plus facilement que les fils sont plus tordus et plus écartés les uns des autres.

L'eau condensée dissout très promptement, et avec facilité, les principes colorants; elle fait, comme on dit dans les ateliers, couler les nuances; il faut donc éviter ces ravages, soit en enveloppant les cadres dans une couverture, soit en introduisant d'abord la vapeur dans les appareils à fixer, pour échauffer les parois, et éviter ainsi une condensation trop prompte.

Il faut nécessairement que la vapeur enveloppe également les pièces encadrées; pour cela, on dispose les pièces dans les appareils, de manière qu'il reste un espace vide au-dessus d'environ 10 à 15 centimètres.

On recouvre aussi le cadre d'une couverture pour garantir les pièces de l'eau qui pourrait tomber du couvercle de l'appareil à fixer.

Enfin, on déroule promptement les pièces qui ont été fixées pour les éventer, et on les expose, pendant vingt-quatre heures et avant de les apprêter, dans une chambre bien aérée à une température modérée; on les lave à l'eau courante, et on leur donne enfin les apprêts.

DE L'APPLICATION DES COULEURS.

Sur tissus légers, tels que la mousseline, la balsorine, le chalys, on n'applique ordinairement la planche qu'une seule fois, lorsque le dessin est léger et petit; mais, quand le dessin offre des masses, on est obligé de réappliquer une seconde fois. On agit de même pour produire des impressions à fond sur de la mousseline de laine, sur le mérinos, sur le chalys, sur le cachemire. Sur le drap, sur la flanelle, sur le casimir, on réapplique quelquefois les couleurs deux ou trois fois.

Sur le feutre, on réapplique certaines couleurs trois, quatre et cinq fois; mais, pour obtenir sur le feutre ou le drap des dessins bien fournis de couleurs, il est convenable d'imprimer la première fois avec une couleur plus claire, et en appuyant légèrement la planche sur le tissu; puis on frappe le second coup plus fortement; enfin, on imprime la troisième fois avec une couleur plus forte.

QUELQUES FABRICATIONS SPÉCIALES.

Conversion opérée mécaniquement. On appelle ainsi un changement de teinte produit par l'application sur une teinte plate, obtenue à l'aide d'une planche plate comprenant tout le contour du dessin, d'une planche gravée chargée d'une solution gommeuse fortement frappée. La couleur déposée en premier est forcée de s'enfoncer dans les pores de l'étoffe et diminue d'intensité. Ce genre a pris le nom de *frappé*.

Conversion opérée chimiquement. Toutes les fois que deux sels d'alumine ou deux sels de fer sont mélangés, et que l'un des deux seulement est apte à céder par lui-même sa base à la fibre, on a un moyen sûr de développer des effets de double teinte. Il suffit d'imprimer sur le tissu un tel mélange et de recouvrir les points qu'on veut rendre plus foncés d'un agent propre à déterminer la fixation de celui des deux sels qui n'abandonne sa base que par l'intervention d'un intermédiaire que M. Persoz appelle *blanc conversion*. Ainsi si on imprime au rouleau des bandes en mordant rose, additionné de nitrate d'alumine qui ne cède pas sa base au tissu; si après cette impression on s'était contenté de laver et de teindre, on aurait obtenu une bande rose de couleur uniforme. Mais si avec un autre rouleau on recouvre certaines parties des bandes d'acétate de soude, on sature le nitrate et on provoque la fixation à l'étoffe d'une plus grande quantité d'alumine. Bousant alors, teignant et dégorgeant, on réalise une impression fin rouge sur bandes roses.

Ce genre a eu un grand succès et a permis de réaliser de très beaux produits. On varie dans plusieurs fabriques le mode d'opérer; ainsi souvent on se contente de rendre acides les mordants ordinaires, qui ne pouvant céder qu'une partie de leur base au tissu, sont ensuite saturés par l'intervention d'un corps salin.

Teinture ombrée sur étoffes de laine d'après le système breveté de MM. Jourdan et Cie.

La pièce d'étoffe, préparée comme pour la teinture ordinaire, est enroulée sur un cylindre placé à une extrémité de la machine. Cette machine se compose d'une cuve carrée chauffée par un serpentin de vapeur, et sur laquelle il se trouve un jeu de petits cylindres ou molettes en étain, placés horizontalement en ligne droite, et accouplés deux par deux, l'un, supérieur, pressant de son poids sur l'inférieur.

Ce dernier est garni d'un drap et plonge à moitié dans la cuve qui contient le bain de teinture. On place autant de rangées de ces petits cylindres que l'on veut obtenir de rayures ombrées, et on les met ordinairement sur huit de profondeur.

Ces cylindres ont environ 10 centimètres de diamètre et 10 à 15 millimètres d'épaisseur. La laine de teinture étant au degré convenable, on engage la pièce entre les molettes inférieures et supérieures, et on commence à l'enrouler sur un second cylindre placé à l'autre extrémité de la machine. A mesure que la pièce avance, elle fait tourner les molettes. Les molettes inférieures qui plongent dans le liquide colorant et chaud l'apportent à l'étoffe. La molette supérieure qui presse dessus aide le tissu à se pénétrer de teinture, et le dirige. C'est ainsi qu'à la fois et en même temps commencent à se former toutes les rayures que l'on a voulu obtenir.

Lorsque la pièce entière, quelle que soit sa longueur, a opéré ainsi son premier passage, il s'est formé des rayures inégales en largeur, en intensité; mais il faut remarquer que cette étoffe s'est enroulée sur un cylindre dont chaque rayure a trouvé à se superposer sur la rayure déjà formée, et que la pression qui résulte de cette superposition, la chaleur concentrée dans l'étoffe, aident alors puissamment au développement de la capillarité et commencent à régulariser les rayures.

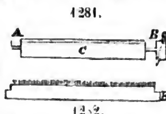
Le premier cylindre abandonné par la pièce est mis alors en mouvement; cette dernière repasse entre les molettes, se charge de nouveau de colorant, et s'enroule dans les mêmes conditions que précédemment.

N'oublions pas que la vapeur qui se dégage de la cuve de teinture frappe l'étoffe pendant ces passages successifs et concourt à l'opération, qui se termine quand les nuances ont acquis le degré d'intensité voulu, et les rayures ombrées la largeur que l'on a désiré leur donner. Cet effet de la vapeur abrége l'opération, qui sans elle demanderait un plus grand nombre de passages. Aussi, le 5 avril 1845, MM. Jourdan ont demandé un certificat d'addition et ajouté à leur invention un réservoir plus élevé que la cuve, rempli de colorant chauffé par la vapeur, et garni d'autant de robinets qu'il y a de rangées de molettes. Les robinets s'ouvrent et se ferment tout à la fois. Ils sont intérieurement garnis d'une éponge et ne laissent s'échapper qu'une petite quantité de liquide qui tombe sur l'étoffe, tandis que les molettes l'apportent par dessous. Du reste, même système d'enroulement et passages successifs d'un cylindre sur l'autre.

Au mois de juin 1845, ils ont pris un autre certificat d'addition, et, par une nouvelle disposition des molettes, le partage de la cuve en deux pour la remplir de deux bains de couleur différente, ils obtiennent des rayures à deux ou trois nuances fondues, d'un effet vraiment extraordinaire, guidés par cette idée première que quand une goutte de colorant tombe sur un tissu, elle s'étend et se dégrade d'elle même par la capillarité propre aux tissus.

C'est de cette observation que MM. Jourdan partirent pour trouver un moyen quelconque de déposer le colorant sur l'étoffe en ligne droite, et qu'ils ont imaginé de faire enrouler l'étoffe chargée de colorant chaud et liquide, afin d'opérer la régularisation de l'ombre et la fixation de la couleur.

Impression des foulards. — Ancienne pratique. Les tables qui servent à l'impression de foulards sont disposées de manière à recevoir l'étoffe dans toute sa largeur. Vers la partie comprise entre le baquet et la table est placé le rouleau sur lequel est enveloppée la pièce à imprimer A B (fig. 1281); elle porte une rainure dans toute sa longueur. Dans cette rainure entre une baguette, qui sert à maintenir le chef de la pièce. La tête B du rouleau est percée de plusieurs trous, dans lesquels on passe une tige en fer pour l'arrêter d'une manière fixe, comme l'indique B'. A l'autre extrémité de la table, on place un peigne AB (fig. 1282), qui est maintenu dans des tasseaux; les dents du peigne sont au niveau du drap. On dispose la pièce pour l'imprimer de la manière suivante : on la déroule, et l'on amène le chef sur les dents du peigne, dans lesquelles on la fait entrer en frappant légèrement dessus avec une brosse. On tend ensuite la pièce, en serrant le rouleau que l'on fixe avec la pointe, et enfin on imprime. On doit faire attention, pendant le travail, à placer les dents du peigne toujours dans l'entre-deux de deux foulards.

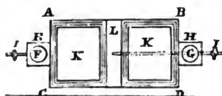


1281. 1282.

On fait sécher les foulards pendant 24 heures, avant le fixage, que l'on exécute pendant le temps que nous avons déterminé. On les lave à l'eau courante, et on les sèche très rapidement. On apprête les foulards des Indes ou façon des Indes, en les enroulant fermement sur un cylindre, lorsqu'ils sont encore un peu humides. Les foulards légers de Nîmes et d'Avignon sont empesés avec une solution légère de colle de poisson ou de gomme adragante ; on les tend par leurs chefs sur deux cylindres parallèles, et l'on promène dessous un fourneau allumé pour sécher rapidement l'encollage que l'on applique avec une brosse de velours de laine.

Impression sur soie par l'emploi de l'acide nitrique. Ce genre de fabrication, que l'on appelle *mandarinage*, tire son nom de celui des étoffes qu'on a livrées au commerce sous le nom de *mandarins ;* il repose sur la propriété que possède l'acide nitrique de colorer en jaune solide les étoffes de soie et de laine. Au reste, comme nous avons décrit, plus haut, la manière de procéder, nous parlerons seulement des appareils.

Appareil servant à la fabrication (fig. 1283). Il

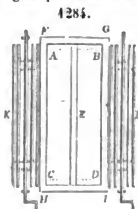


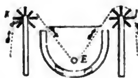
1283.

est formé d'une caisse en cuivre A B C D, dans laquelle peut circuler de la vapeur amenée par le conduit I, et dont l'excès s'échappe par le tube J, ainsi que la vapeur condensée. Le châssis est placé dans la boîte creuse K K. Entre les deux se trouve une plaque de cuivre L fermant la boîte ; elle sert à placer les planches pour les tenir chaudes. En E, H, sont des prolongements de la boîte dans lesquels sont placés à demeure des vases F, G, servant à mettre la réserve.

Appareil servant à mandariner, c'est-à-dire à passer l'étoffe dans le bain d'acide nitrique. (Fig. 1284 et 1285). A B C D, auge en grès qui contient l'acide nitrique ; sur les deux côtés de l'auge sont fixées deux planches, percées d'un trou, à un pouce du fond, pour recevoir le rouleau E sous lequel passe la pièce. En avant et en arrière sont placés deux trinquets K, L ; l'un sert à guider la pièce à son entrée dans l'auge, l'autre sert à la guider à sa sortie. Elle tombe de suite dans l'eau courante, ou à son défaut, dans un grand baquet, qui contient un mélange d'eau et de craie.

1284.





1285.

Impression des étoffes de laine en relief pour ameublement. Nous avons dit précédemment que l'usage des étoffes gauffrées était déjà connu anciennement : mais les différents tissus sur lesquels on imprimait étaient très légers et d'une seule couleur. L'impression, du reste, s'exécutait alors comme aujourd'hui, soit à l'aide de différentes plaques de métal, soit à l'aide de cylindres de métal gravés en creux ou en relief, pour produire des dessins en relief durables. On fait chauffer la plaque gravée, on l'applique sur l'étoffe mouillée, que l'on presse fortement, au moyen d'une presse à vis verticale. Par l'effet de la compression et de l'humidité, il arrive que le tissu s'allonge et s'enfonce en même temps dans les parties de la planche qui sont gravées. La chaleur saisit l'étoffe, qui prend d'une manière invariable l'empreinte des dessins gravés en creux.

En 1755 environ, Bouvalet imprimait de cette façon les serges d'Aumale, les pannes, les velours de laine, les camelots, les draps, etc. ; il imprimait même différentes couleurs qui étaient fixées sur l'étoffe par l'action de la chaleur.

C'est là, sans contredit, l'origine de l'impression et du fixage des couleurs sur laine, par l'effet de l'humidité et de la chaleur réunies : et l'on doit s'étonner que l'action remarquable de la vapeur n'ait été appliquée que depuis vingt années à la fabrication des étoffes imprimées.

Comme les impressions ordinaires sur étoffes, l'impression en relief nécessite une gravure, des couleurs spéciales, et une presse ou *machine à imprimer.*

Nous avons donné précédemment la composition des couleurs, et il ne nous reste plus, pour compléter nos renseignements techniques, qu'à parler des planches gravées, et de la manière de pratiquer l'impression.

Les planches d'impression sont en laiton, plané et dressé au marteau. On les grave plus ou moins profondément, afin d'obtenir des reflets ou effets de lumière les plus agréables possible. Le plus ordinairement, ces planches sont gravées, de toute la largeur de l'étoffe qu'on veut imprimer. On laisse aux deux extrémités, sur la longueur, un espace sans être gravé, de deux millimètres pour empêcher la couleur de baver ou couler ; ainsi on n'entaille jamais la bordure, on ne coupe jamais les petites figures d'un dessin ; il faut que celles-ci rentrent les unes dans les autres, pour qu'on ait un dessin courant ; parce que le raccord ne se fait pas sur la bordure, mais toujours un peu en avant.

Pour l'impression des châles et des tapis de table, on grave une planche, qui, répétée quatre fois en carré, produit un dessin régulier sur l'étoffe.

Les dessins pour tabouret, pour siége et dossier de fauteuil, pour cabas, sont gravés exactement dans leurs dimensions.

En 1840, M. Pourchet, a pris un brevet pour un nouveau système de production de gravure, et de disposition de planche.

Il grave d'abord une fraction de la planche, en la choisissant de manière à ce que les contours puissent se replacer et former l'enchaînement du dessin désiré. Il moule sur cette matrice autant de planches semblables qu'il est nécessaire pour composer une grande planche. Il ajuste avec beaucoup de précision tous les morceaux les uns à côté des autres ; il les soude deux à deux, puis trois à trois, quatre à quatre, etc., suivant que l'exigent le dessin et les couleurs à reproduire.

Ces soudures se pratiquent dans la longueur ou la largeur de la planche suivant la nature du dessin ; ces mêmes soudures peuvent être faites sur toute la longueur du joint ou par parties ; l'on peut aussi recouvrir les joints par de petites bandes métalliques, afin qu'ils disparaissent entièrement lorsque le raccord du dessin est fait.

Mais ce procédé est presque aussi long et presque aussi dispendieux que celui de graver de suite la grande planche.

Impression. La couleur est renfermée dans une gamelle en grès placée sur une table à la portée de l'imprimeur ; celui-ci en prend une ou deux cuillerées sur la planche gravée, et il l'étend dans les creux avec une brosse ; il enlève ensuite l'excédant de la couleur avec une racle qu'il promène dans tous les sens, entraînant la pâte sur la planche pour la garnir entièrement.

Si l'on veut imprimer plusieurs couleurs à la fois, on les met les unes après les autres avec une spatule en bois dans les différents creux ou endroits qu'elles doi-

vent occuper ; on enlève l'excédant avec la racle en acier.

La planche étant garnie de couleur, on la place sur le plateau de la presse, de l'invention de M. Pourchet (fig. 1286 et 1287).

Mais pour faire bien comprendre les opérations qui suivent, nous commencerons par la description de cette presse :

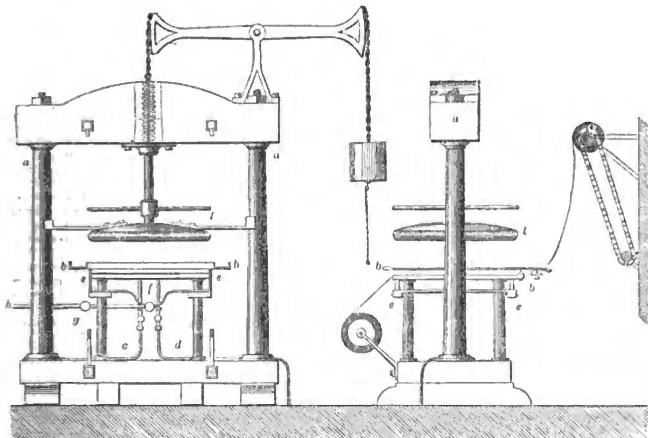
a, *a*, bâti de la presse en fonte de fer.

b, table de fonte en forme de boîte fermée recevant la vapeur dans l'intérieur pour l'échauffer.

opérations doivent se faire avec beaucoup de célérité pour profiter de la chaleur.

On maintient la pression pendant 5 à 6 minutes, pour faire cuire ou adhérer la couleur sur l'étoffe et lui faire prendre le relief de la gravure. Il y a cependant des dessins qui exigent une cuite plus prolongée, eu égard à la profondeur de la gravure et à la quantité de couleur employée.

On peut juger de l'effet de la cuite en soulevant l'étoffe par l'un des côtés et touchant à la plaque



1286. 1287.

c, tuyau pour l'arrivée de la vapeur.

d, tuyau de sortie de la vapeur et de l'eau condensée; ces deux tuyaux *c* et *d* sont munis de robinets.

La partie supérieure de la table ou plateau *b*, de la presse est recouverte d'une feuille de tôle dont la périphérie repose sur un châssis en fer *e e*, et que l'on élève à volonté à l'aide du levier *h*, qui a son point fixe en *g*, et son articulation en *f*.

La plaque de tôle, portée par le châssis *e*, reçoit la planche gravée qui est maintenue et pressée sur ses quatre faces par des vis buttant sur des règles en cuivre.

Cette disposition permet de maintenir la planche éloignée de la chaleur pendant les préparations; on évite ainsi l'évaporation des acides et des différents liquides destinés à fixer la couleur sur l'étoffe. Deux ouvriers placés de chaque côté de la presse tiennent l'étoffe bien tendue et la posent carrément sur la planche. Ils la repèrent avec des épingles qu'ils enfoncent dans des trous ménagés aux coins et au milieu des côtés parallèles de la planche gravée.

Ils posent ensuite sur l'étoffe deux couvertures de laine grossière qui excèdent la planche de part et d'autre sur la longueur; ces couvertures molles et à longs poils pressent la pâte dans la gravure.

On abat le plateau de la presse *l*, jusqu'à ce que la vis s'engage dans son écrou, et on serre fortement en tournant le levier afin d'obtenir la pression nécessaire, pour faire pénétrer l'étoffe dans la gravure. Toutes ces

avec le doigt mouillé, si la dessiccation est subite, et qu'il se fasse un petit bruit que les ouvriers appellent *friser;* on peut supposer que l'impression est cuite; on desserre alors la vis *o*, et on remonte le plateau *l* en tirant la corde suspendue au contre-poids. Si l'on s'aperçoit que la vapeur humide qui s'élève ne s'évapore pas sur-le-champ partout également et qu'en portant la main sur les parties qui fument encore, lorsque les autres cessent de fumer, on sent de l'humidité, on double l'une des deux couvertures sur les endroits les moins cuits ; ou l'on remet également les deux, si la cuite de la planche entière n'est pas encore au point convenable, on abat de nouveau le plateau, qu'on relève un instant après.

Il est indispensable de refroidir la planche dans l'eau à chaque opération, autrement l'acide du mordant s'évaporerait, et la couleur ne se fixerait pas.

On change encore les couvertures de laine à chaque coup de planche, et on les fait sécher. Lorsqu'elles ont servi plusieurs fois, elles deviennent empâtées et dures ; on les fait alors tremper pendant 24 heures dans l'eau froide, et on les fait bouillir; on les lave ensuite dans l'eau courante, on les bat, on les essore, on les fait sécher, et on les emploie de nouveau.

Les étoffes après l'impression sont dures au toucher; les couleurs en sont mattes et écailleuses, il faut les gratter avec une racle en acier ou une carde, pour rendre à l'étoffe sa douceur naturelle et faire ressortir les couleurs.

Observation. La couleur comprimée et cuite fait adhérer fortement l'étoffe au cuivre; on l'en détache par une prompte et forte secousse, et on l enroule sur un cylindre disposé à cet effet.

On enlève la planche gravée de dessus le plateau *b*, avec des poignées en morceaux d'étoffe grossière qu'on tient dans chaque main; et on la coule aussitôt dans un baquet rempli d'eau froide. Cette eau se colore bientôt; elle s'échauffe, et il faut la rafraîchir; et la renouveler même à tous les changements de couleur.

Pendant la cuite, l'un des deux ouvriers nécessaires pour servir une presse prépare une planche, si l'on en a plusieurs du même dessin; dans le cas contraire, on retire de l'eau la même planche, on l'éponge et on la remplit de couleurs, puis on redonne un second coup de presse, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la pièce. Le plus généralement on emploie une presse hydraulique analogue à celle que nous avons donnée fig. 1268; c'est, du reste, la machine qui donne les meilleurs résultats, sous le rapport de la célérité et de l'économie de la main-d'œuvre. ROUGET DE LISLE.

IMPRIMERIE. L'art d'imprimer, ou de représenter les idées par la parole écrite, se pratique aujourd'hui par trois procédés différents : la *typographie*, la *calcographie* et la *lithographie*. Le premier sert plus particulièrement à l'impression des textes; les deux autres rivalisent entre eux pour la représentation des estampes, cartes, plans, etc., ce qui ne les empêche pas d'empiéter souvent sur le domaine de la typographie, qui, à son tour, s'en venge quelquefois avec succès. On trouvera aux articles *calcographie* et *lithographie*, l'analyse de ces deux modes de l'art d'imprimer. Nous n'avons à nous occuper ici que de la *typographie*, proprement dite, ce qui comprend l'impression par le moyen des types en relief, ou mobiles, ou solides.

Il n'entre pas dans notre plan de remonter à l'origine de l'imprimerie, ni de suivre les phases de ses progrès jusqu'à nos jours; assez d'autres l'ont fait de manière à ne plus rien avoir à ajouter à ce sujet. Nous dirons seulement que le principe en était connu de temps immémorial en Chine, que les Romains savaient tirer des empreintes, que les images et les cartes à jouer, inventées vers l'an 1392, représentaient des figures et des caractères, lorsque vint à Jean Genfliesch, dit GUTENBERG, bourgeois de Strasbourg, en 1445, l'idée d'introduire cet art parmi nous. Il est toutefois permis de croire qu'à cette époque, où les connaissances étaient si peu répandues, Gutenberg n'avait aucune notion de ce qui s'était fait avant lui, ses ébauches grossières prouvent suffisamment que cette invention fut un effet spontané de son génie; aussi lui en attribue-t-on généralement toute la gloire. *Fust* et *Schœffer*, ses collaborateurs, apportèrent, il est vrai, quelques perfectionnements aux premiers procédés dont il leur donna connaissance, mais il serait injuste de dépouiller le premier inventeur de son mérite pour en revêtir ses deux compagnons, ainsi que quelques auteurs le prétendent, car, avant qu'il ne leur eût révélé ses secrets, ils n'avaient rien imaginé. De temps à autre, les nombreux successeurs de Gutenberg ont aussi perfectionné son ouvrage, et de nos jours, plus qu'à aucune autre époque, les plus heureuses innovations y ont été ajoutées, mais personne que je sache, sauf un imposteur hollandais, n'a eu l'orgueilleuse prétention de détrôner le prince de la typographie pour en doter chaque homme de génie qui est venu apporter une pierre au monument.

Les articles GRAVURE et FONDERIE ont déjà fait connaître, dans les plus grands détails, comment s'opère la fabrication des caractères au moyen desquels on imprime typographiquement. Cependant, pour éviter d'y recourir et pour l'intelligence de ce qui va suivre, il n'est pas inutile de rappeler ici que le *caractère* ou la *lettre*, est un parallélipipède d'environ 24 millimètres de haut, sur une épaisseur et une largeur qui varient de 1 à 3 millimètres, selon le *corps* et la nature de la lettre.

D'un bout, cette pièce porte en relief l'*œil* de la lettre. C'est cette partie qui imprime. L'autre bout, ou le *pied*, porte une petite échancrure, ou *gouttière*, que le fondeur y fait pour enlever les inégalités produites par la rupture du jet et lui donner de l'aplomb. Le *dessous* de la lettre, cette partie où le pouce se pose quand on la tient pour la lire, est toujours marqué d'une entaille ou *cran* qui en désigne le sens. Le *dessus* est le côté opposé et ne porte aucune marque. Les deux côtés plats de cette tige se nomment la *frotterie*, à cause de l'opération qu'on lui fait subir dans les ateliers de la fonderie.

La matière dont sont formés les caractères d'imprimerie est un alliage de plomb et de régule d'antimoine; dans certains cas on y ajoute de l'étain, du cuivre, etc. Voici la figure d'une lettre.

1288.

La *force de corps* détermine la grosseur du caractère; elle se prend du *dessus* au *dessous* de la lettre, et varie selon que l'œil a besoin d'être ou plus petit ou plus gros. Les dimensions, ainsi que toutes les proportions typographiques, s'évaluent en *points*. Les forces de corps les plus courantes pour les caractères de *labeur*, varient depuis 4 jusqu'à 12 points: celles qui dépassent cette dernière proportion sont pour les caractères d'affiche ou de fantaisie.

Le *point*, qui sert de mesure typographique, est la sixième partie de la ligne du pied-de-roi, ou deux points géométriques, ancienne mesure. Nous sommes encore obligés de nous servir de cette base, par l'impossibilité d'établir un rapport précis entre les anciennes et les nouvelles mesures, et pour reculer, autant que possible, la perturbation que jetterait dans toutes les imprimeries l'adoption du système métrique (1).

Supposant donc maintenant cette connaissance suffisamment acquise au lecteur, il ne nous reste plus qu'à l'instruire des diverses manipulations qu'on fait subir à ces caractères pour parvenir à l'impression des livres, qui est le but de tout ce qui précède. Nous entrerons donc de suite en matière, en partant du moment où le caractère sort des ateliers du fondeur et arrive dans ceux de l'imprimeur.

Les caractères s'expédient d'une ville à une autre, *composés* en paquets, c'est-à-dire assemblés régulièrement les uns contre les autres, en lignes formant des pages, ou paquets, bien ficelés et empaquetés dans de fort papier. Quand ils sont livrés dans la ville même où ils sont fondus, on se contente quelquefois de les mettre dans des cornets. On a peut-être tort, car les caractères ainsi mêlés subissent toujours un premier effet de détérioration.

L'imprimeur, en recevant un caractère, commence par l'examiner attentivement, pour s'assurer s'il est complet, bien fondu, et si chaque lettre est répartie dans les proportions voulues.

Toutes ces conditions se trouvant remplies, on pro-

(1) Quelques fondeurs prétendent avoir trouvé un rapport exact entre les nouvelles mesures et les points Fournier. Ils s'abusent et induisent en erreur ceux qui ajoutent foi à leur prétention. Les points Fournier n'ont jamais eu d'autre étalon que son *cicero*, qu'il a divisé en 12 parties, et le cicero Fournier n'a jamais eu au juste les 11 points typographiques qu'on lui attribue aujourd'hui. Mais les eût-il eus, c'est-à-dire 22 points géométriques, jamais cette quantité divisée par 12 ne rencontrera une expression décimale sans fractions, assez précise pour correspondre aux points typographiques actuels, à moins qu'on n'y soumette l'incertitude même du cicero Fournier, ce qui serait une absurdité. Si l'on veut adopter des points typographiques métriques c'est un système entièrement nouveau à établir. Nous avons publié ailleurs un tel système applicable à l'espèce.

cède à la *mise en casse*, c'est-à-dire à déposer chaque sorte de lettre dans les divers compartiments dont la casse est composée.

Une *casse* est l'assemblage de deux boîtes, ordinairement en bois, dont l'une, appelée *haut de casse*, contient les lettres *capitales*, ou majuscules, et l'autre, appelé *bas de casse*, contient les lettres courantes ou minuscules. Chaque partie de la casse a environ 95 centimètres de long sur environ 36 centimètres de large. Les petites cloisons qui séparent les compartiments, que l'on nomme *cassetins*, ont environ 33 millimètres de hauteur; les pourtours, ainsi que la traverse du milieu, ont 5 millimètres de plus. La fig. 1289 représente la casse contenant les lettres réparties dans leurs cassetins respectifs.

MODÈLE DE LA CASSE FRANÇAISE.

A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
H	I	K	L	M	N	O	H	I	K	L	M	N	O
P	Q	R	S	T	V	X	P	Q	R	S	T	V	X
à	è	ì	ò	ù	Y	Z	U	J				Y	Z
°					;		É	È	Ê	Æ	Œ	Ç	!
â	ê	î	ô	û	( )	W	é	è	ê	æ	œ	ç	?
«		U	J	J		—	ä	ë	ï	ü		§	

'	ç	é	' '	e	1 2	3	4	5	6	7	8
…	b	c	d		a	½	f	g	h	9 / æ	0 / œ
z / y	l	m	n	i	o	p	q	2 pts / 1 pt	w / fi	k / ·	? / …
s	v	u	t	espaces.	a	r		.	,	cadrats.	

1289.

Il y a certaines localités, Lyon et quelques villes du Midi, où l'on ne suit pas exactement la disposition de cette casse. Ne pouvant donner ici ces variations, qui d'ailleurs sont en petit nombre et diminuent chaque jour, pour se ranger au modèle parisien, nous nous sommes borné à représenter la disposition la plus généralement suivie, telle qu'elle est usitée dans les imprimeries de Paris.

Au premier moment, on se demande pourquoi les cassetins du bas de casse sont inégaux et ne suivent pas l'ordre alphabétique, comme dans le haut; mais bientôt on comprend que ces dimensions doivent varier selon le plus ou moins grand nombre de lettres dont on fait usage dans le discours; de même que le rapprochement de certaines lettres vers le centre a pour but de mettre sous la main du compositeur celles de ces lettres dont l'emploi est le plus fréquent, telles que les voyelles, etc., afin d'économiser les mouvements et le temps de l'ouvrier.

La casse se pose sur un tréteau fait en forme de pupitre.

Un ouvrier *compositeur* se place devant cette casse, pour en lever successivement les lettres qui doivent servir à la composition des mots, ce qui s'appelle *composer*. Cette opération se fait ordinairement avec beaucoup de célérité, d'adresse et de légèreté. A cet effet, le compositeur est muni d'un petit instrument nommé *composteur* (fig. 1290), qu'il tient de la main gauche. Ce composteur est une petite lame de fer, dont le bord est relevé en équerre dans toute sa longueur. D'un bout il est fermé à demeure par un petit pan carré; de l'autre, on introduit une clavette à coulisse qui porte un pan parfaitement parallèle au précédent. On fixe cette clavette par une vis, au point où l'on veut déterminer la longueur des lignes.



1290.

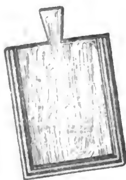
Le compositeur prend donc chaque lettre, l'une après l'autre, en l'attaquant par la tête, et la place, le cran en dessous, dans son composteur. Tandis qu'il range ainsi la lettre qu'il tient, il vise celle qu'il va prendre ensuite; c'est le moyen d'aller vite et de s'y prendre adroitement. Lorsque le compositeur a ainsi rassemblé toutes les lettres d'un mot, il met une *espace* pour séparer ce mot de celui qui va suivre. Cette espace est une petite lame de métal, mince, semblable à une lettre dont on aurait coupé la tête, et qui, se trouvant plus basse que les lettres, ne produit aucune marque à l'impression et laisse paraître ces petits blancs qui séparent les mots.

Lorsque la ligne est achevée, il importe de la consolider, de la *justifier* parfaitement. A cet effet, on a des espaces de différentes épaisseurs, qu'on assortit de manière à ce qu'en renversant la ligne, elle soit tellement serrée que les lettres ne puissent tomber. Par dessus cette ligne, on met une *interligne*, ou une forte réglette, sur laquelle on compose une nouvelle ligne, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le composteur soit plein, alors on le survide en enlevant adroitement cette composition et la mettant dans une *galée*, où, quand il y en a assez pour former une page, on la lie fortement par trois tours de ficelle. Alors on manie aisément cette page; mais, pour plus de sécurité, on la met sur un *porte-page*, feuille de papier, et on la tient en réserve jusqu'à ce qu'on en ait réuni un nombre suffisant pour compléter une *feuille*.

L'*interligne* est une petite réglette de matière, que l'on met entre les lignes pour les écarter les unes des autres et les maintenir dans une rectitude parfaite. Il y en a de différentes épaisseurs, depuis 1 jusqu'à 5 points.

La *galée* (fig. 1291) est une petite planchette ayant un rebord en équerre, sur laquelle on dépose les lignes au fur et à mesure qu'on les compose.

Celles qui doivent contenir de grands formats, ont le fond à coulisse. On tire cette coulisse et la page avec; puis, par un mouvement prompt, on la retire en maintenant la page, qui, de cette manière, se trouve déposée sur un porte-page, ou à nu sur le *marbre*, prête à être *imposée*.



1291.

La composition ainsi faite en *paquets*, ne contient que le texte ou la *matière* de l'ouvrage; elle passe ensuite aux mains d'un *metteur en page*. Celui-ci est chargé d'y mettre les folios et les titres, les blancs des chapitres, les notes, etc.; et lorsque de cette manière il a façonné un certain nombre de pages, il se dispose à *imposer*.

IN-FOLIO.

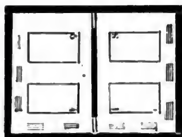
Côté de première. Côté de seconde.

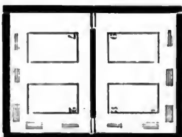




IN-QUARTO (in-4°).

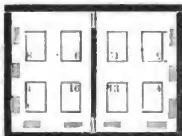
Côté de première. Côté de seconde.

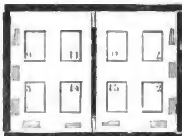




IN-OCTAVO (in-8°).

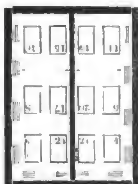
Côté de première. Côté de seconde.

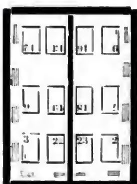




IN-DOUZE (in-12).

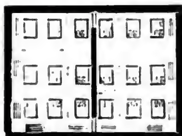
Côté de première. Côté de seconde.

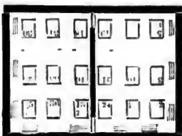




IN-DIX-HUIT (in-18).

Côté de première. Côté de seconde.





Pour vérifier s'il ne s'est pas trompé dans la position de ses pages, l'impositeur n'a qu'à faire l'addition des folios de la première et de la dernière page de la feuille, qui sont toujours l'une auprès de l'autre, l'impair à gauche, le pair à droite; comme dans l'in-8°, le folio de la page 1 et celui de la page 16 font 17; de même ceux des autres pages accolées deux à deux dans le même ordre, doivent produire le même nombre : 13 et 4; 3 et 14; 15 et 2; 7 et 10; 11 et 6; 5 et 12; 9 et 8, font toujours également 17. Ce n'est toutefois un moyen de vérification que pour la transposition d'une page; car si deux pages côte à côte étaient transposées, cela se pourrait encore voir par les folios qui doivent toujours être aux extrémités extérieures loin l'un de l'autre.

Quand les pages sont reconnues bien placées, on enlève les porte-pages; on met entre chacune d'elles une *garniture*, pièce de plomb à jour, pour déterminer la place fixe qu'elles doivent occuper sur la feuille de papier, afin que le pliage et la reliure soient bien réguliers.

Il faut 4 pages pour une feuille *in-folio*, 2 de chaque côté.

Il faut 8 pages pour une feuille *in-quarto*, 4 de chaque côté.

Il faut 16 pages pour une feuille *in-octavo*, 8 de chaque côté.

Il faut 24 pages pour une feuille *in-douze*, 12 de chaque côté.

Il faut 36 pages pour une feuille *in-dix-huit*, 18 de chaque côté, etc.

Le metteur en page a une grande table de pierre polie, ou de fer, qu'il appelle *marbre*, sur laquelle il *impose*, serre et desserre les *formes*, et fait toutes les *fonctions* ou manipulations de son état. *Imposer*, c'est placer les pages sur le marbre et les serrer en châssis dans un ordre tel que la feuille de papier étant imprimée et pliée, ces pages se suivent dans leur ordre numérique naturel. Cette feuille étant déployée, représente en sens inverse les pages qu'on impose sur le marbre dans l'ordre ci-contre.

Tous les autres formats : l'in-16, l'in-24, l'in-32, etc., ne sont que des dérivés des précédents, et s'imposent le plus souvent par demi-feuille ou par carton.

Le placement des garnitures n'est point une chose indifférente; elles doivent être assorties en raison de la grandeur des pages et de celle du papier. On plie exactement une feuille en huit (supposons un in-8°). On pose sur cette feuille, ainsi pliée, une page de composition, absolument comme si on la mettait sur un porte-page. On marque avec une pointe ou une interligne, la place de la page sur le papier et on l'ôte; ensuite on pique un trou aux quatre coins de cette marque et on déploie la feuille. Les garnitures se trouvent déterminées dans tous les sens par la distance qu'il y a d'un trou à l'autre. On place alors le *châssis* dans lequel elles doivent être serrées; on les dégage de la ficelle qui les liait, en le consolidant provisoirement avec la main et à l'aide des garnitures elles-mêmes, en les rapprochant vers le centre.

Des deux côtés et au pied du châssis, on met contre la lettre une petite pièce de bois taillée en *biseau*, entre laquelle et le fer du châssis on pose, à des distances égales, deux ou trois *coins*, que l'on chasse à coups de marteau pour en opérer le serrage. De cette manière la *forme* devient aussi solide qu'une planche, et s'enlève tout d'une pièce pour être portée à la presse.

Cependant il n'est pas encore temps d'imprimer; il faut auparavant en faire une *épreuve*, quelquefois même plusieurs, afin de bien corriger toutes les fautes qu'auraient pu faire les ouvriers en composant, ou y faire les changements ordonnés par l'auteur. Ces corrections demandent un soin très minutieux. Voici comment on y procède.

On fait une épreuve de la feuille qu'on vient d'imposer, et on la remet au *correcteur* avec la *copie*. On appelle *copie* ce qui au contraire sert ici de modèle. Le *correcteur* est un homme de lettres, versé dans l'art typographique, et qui ne saurait avoir sur tous sujets des connaissances trop étendues. La feuille lui est remise pliée, mais non coupée, pour qu'il puisse s'assurer d'abord de la régularité des marges; ensuite, il vérifie la *signature*, les *folios* et les *titres courants*. La *signature*, c'est le numéro de la feuille; les *folios* sont les numéros des pages et les *titres courants* sont l'indication qui accompagne ordinairement les folios. Pendant ce temps-là, le *teneur de copie* met la copie en ordre. Celui-ci est chargé de lire la copie; il le fait à haute et intelligible voix, sans se presser, faisant sentir la ponctuation, les différences de genre et de nombre, ainsi que les temps des verbes, quand il peut y avoir doute. Le correcteur le suit en silence sur son épreuve, marquant les fautes au fur et à mesure qu'il en rencontre, et l'arrêtant, lorsqu'il est nécessaire, pour avoir le temps de marquer les fautes les plus importantes. Ce travail requiert tout le recueillement et toute l'attention du correcteur. Il ne saurait être distrait que pour des cas d'urgente nécessité. Son cabinet est ordinairement retiré dans un lieu exempt de tout bruit, et garni des livres élémentaires de première nécessité.

Les fautes se marquent dans la marge du dehors, c'est-à-dire celle du côté du folio, la première contre le texte, les suivantes en s'écartant vers les bords, de quelque côté qu'on les inscrive. Il y a des signes de convention pour connaître la nature des corrections à faire, et qui évitent de surcharger les épreuves d'écriture qui ne pourrait qu'embrouiller l'ouvrier chargé de les exécuter. Les auteurs qui auront à revoir leurs épreuves feront bien de prendre connaissance de ces signes et de s'y conformer. A cet effet, nous croyons à propos de leur en donner la figure et l'application dans le formulaire suivant.

FORMULAIRE POUR LA CORRECTION DES ÉPREUVES.

Folio verso.

L'invention de l'Imprimerie n'est pas aussi — *Lettres ou mots à changer.*
moderne qu'on le dit communément. A la
Chine, l'*impression tabellaire* est en usage — *Lettres gâtées à changer.*
depuis plus de 1600 ans; les Grecs et les
Romains connaissaient les *sigles*, ou types — *A mettre en italique.*
mobiles; et les livres d'images, qui parurent
au commencement du 15e siècle, servirent de — *Supérieure à rehausser.*
modèle aux essais tentés par Gutenberg, à — *Lettres ou mots à ajouter.*
Mayence, / 1450, sur des planches / bois
fixes. Ces planches étant sujettes à se dejetter — *Lettres ou mots à supprimer.*
cet homme industrieux, aidé de de Fust, qu'il
s'associa à cet effet, imagina de les clicher en — *Lettres ou mots à retourner.*
métal; il fallait autant de planches qu'il
y avait de pages à imprimer; ce moyen lent — *Lettres ou mots à transposer.*
et pénible, joint de corriger, à l'impossibilité
leur suggéra l'idée de sculpter les lettres de — *Lignes à transposer.*
corps et de hauteur, capable de les maintenir
encore à vaincre une grande difficulté, celle — *transposer*
de donner à ces tiges une parfaite égalité de — *Addition à remonter.*
l'alphabet sur des tiges mobiles. Il leur restait

Folio recto.

Lignes à remanier. — sons les efforts de la presse; ils ne purent y
parvenir que par des moyens irréguliers, lors-
Blanc à jeter. — que Schœffer trouva celui de les fondre dans
Blanc à diminuer.
des moules, ou *matrices*; et, par cette ingéni-
Pour espacer. — euse découverte, donna enfin la vie à l'art ty-
A rapprocher. — po gr a phiq ue. — *voy. copie.*
Alinéa. — Abandonné aux ébauches tabellaires de
Corrections d'accents. — Guttenberg, l'art n'eût probablement pas été
au-delà; et sous le rapport de la mobilité des
Blanc à supprimer. — types, connue bien des siècles avant lui,
Espaces à baisser. — nous ne lui devons presque rien; car elle
Ponctuation à changer. — ne lui permit de rien exécuter. L'existence de
Ligne à redresser. — la Typographie ne date donc véritablement
Lettres à nettoyer. — que de la connaissance de la *matrice-poinçon*,
Corrections d'apostrophe. — puisque c'est par elle seule qu'on multiplie
Lettres basses. — mobiles et parfaitement proportionnés; or le
Lettres hautes. — mérite de cette invention est entièrement dû
Gr. et petites Capitales. — à P. Schœffer.
Bourdon. — à l'infini des types identiques, qu'on les rend

L'épreuve, étant lue, est rendue au metteur en page, qui remet les formes sur le marbre, les desserre et appelle successivement chaque compositeur qui a contribué à leur confection, pour qu'il ait à corriger la portion qu'il a composée. Celui-ci se met alors en train d'opérer. Voici comment il s'y prend. Il lève d'abord toutes les corrections de sa composition marquées sur l'épreuve, et les rassemble dans un petit composteur en bois à ce destiné. S'il n'a qu'à changer une lettre pour une autre, il enlève la mauvaise à l'aide d'une petite pince dite brucelle; mais si celle qu'il a à remettre à sa place est ou plus épaisse ou plus mince, il change quelques-unes des espaces de la ligne, en en mettant de plus fortes ou de plus faibles, de manière à rétablir la justification parfaite de cette ligne.

Mais lorsqu'on a un mot entier, une portion de ligne à ajouter, on fait, dans la ligne où doit porter cette correction, la place nécessaire pour l'y introduire, soit en diminuant les espaces, ou, si cela ne suffit pas en rejettant dans les lignes précédentes ou suivantes un petit mot, s'il y en a, ou une portion de mot, en faisant une *division*, ou enfin un mot entier et même plusieurs, en diminuant les espaces de celles-ci.

Si, au contraire, il faut supprimer un mot ou une portion de ligne, on jette çà et là quelques espaces fines dans la ligne pour combler le déficit, si cela ne suffit pas, on emprunte aux lignes précédentes ou suivantes soit un petit mot, une portion de mot, ou des mots entiers, jusqu'à ce que l'intervalle soit rempli.

On fait entrer dans ces *remaniements*, le nombre de lignes nécessaires pour que le travail soit presque insensible; c'est-à-dire que les lignes où il s'opère ne paraissent pas beaucoup plus serrées ni plus espacées que les autres, et toutes les lignes qui ont été *remaniées* doivent être très soigneusement justifiées.

Ces corrections sont souvent très pénibles, et quand elles sont trop multipliées et occasionnées par le fait des auteurs, elles nuisent toujours à la netteté de la composition et deviennent très coûteuses. Nous saisissons donc cette nouvelle occasion pour engager les personnes qui sont dans le cas de faire imprimer, de toujours fournir une bonne copie, et surtout d'éviter, autant que possible, de faire trop de corrections sur les épreuves.

Dans la composition des journaux, comme il s'agit d'aller vite, on fait beaucoup de petits alinéas pour les répartir entre autant de compositeurs. Cependant, lorsque le sujet ne permet pas de coupure, on divise l'article au hasard en deux ou plusieurs morceaux, en recommandant aux compositeurs qui ont à *rattraper* sur les autres de *tomber en ligne*. Il dépend alors de leur intelligence de *chasser* ou de *regagner* leur composition de manière à la finir juste au bout de la dernière ligne; alors il n'y a que le premier qui commence par un cadrain, et que le dernier qui puisse terminer sa dernière ligne par des cadrats.

Chaque petit morceau de copie est numéroté. Au fur et à mesure que chacun termine sa copie, il appelle le n° suivant, qui répond; alors il va lui porter sa composition, à la suite de laquelle il met la composition non terminée et prend une nouvelle copie. Le dernier lie le paquet et le dépose sur le marbre avec tous les petits morceaux de copie qui ont servi. Le metteur en page fait épreuve aussitôt et la donne à lire et à corriger

Quand on estime que la composition du journal est près d'être terminée, on mesure la longueur des paquets au centimètre; on se rend ainsi compte de ce qu'il y a de trop ou de ce qui manque.

On ne commence pas toujours la mise en page par la première page; quand le *premier Paris* n'est pas prêt, c'est au contraire par là qu'on finit. Quelquefois on en laisse provisoirement la place en blanc, se réservant d'ajouter, d'ôter ou de changer quelque *entre-filets* pour justifier la page. Alors on met sérieusement en page les 2 et 3, qu'on justifie aussi au moyen de quelques *faits-Paris* insignifiants. De même que la 4e se justifie par des annonces de complaisance, des réclames, etc. La mise en page d'un journal se fait page par page, sur un plateau portant un petit châssis d'une page, ce qui tient lieu de galée. L'imprimeur (l'ouvrier qui imprime, le *pressier*) enlève vite chaque page de dessous les mains du *metteur*, dès que celui-ci n'a plus rien à y faire; il lui donne bien vite un coup de brosse à la potasse, l'essuie avec un linge sec et la jette sous presse. Tout cela se fait avec une extrême rapidité, de manière que lorsque la dernière arrive, à peine est-elle en place que la presse *roule*.

La composition des *tableaux* ne diffère de celle des *labeurs* que par la manière de les mettre en page. On appelle ici *tableaux* des comptes sommaires d'administration divisés par nature et en colonnes. On met d'abord en équerre, dans une galée à coulisse, les deux premiers filets d'encadrement, puis on compose toutes les têtes de colonne en les séparant provisoirement par un bout d'interligne. Ces têtes se composent comme des titres, c'est-à-dire en lignes de différents caractères, et de différentes longueurs, le blanc partagé des deux côtés. Sous chaque tête, on place un filet régnant, puis on remplit tout le corps de la colonne avec de ces mêmes pièces de garnitures dont on fait usage dans les formes de labeurs pour séparer les pages. On met ensuite un filet de toute la longueur de la colonne, en place du bout d'interligne, pour séparer cette colonne de la suivante.

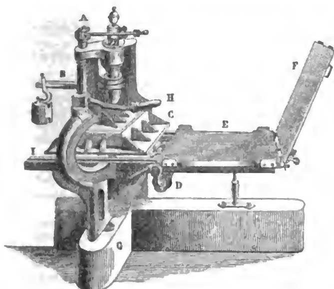
Les cartes d'adresses et autres *bilboquets* se composent dans le goût des têtes de colonnes. Ce qui plaît, c'est une grande variété de caractères. Lorsqu'on veut faire tourner des lignes, on les assujettit entre deux interlignes qu'on a courbées selon la forme qu'on veut leur donner, et s'il est nécessaire, on garnit les interstices avec du papier mâché.

Lorsque les *formes* sont corrigées, on les livre à la presse.

Une *presse* est la machine au moyen de laquelle on imprime, elle est ordinairement servie par deux compagnons : l'un commence par laver les formes dans une bonne dissolution de potasse, pour les débarbouiller de l'encre des épreuves, des crasses et ordures qui pourraient nuire à la netteté de l'impression; il les rince à grande eau et les laisse ensuite sécher au grand air ou à la chaleur du poêle; l'autre, pendant ce temps-là, trempe le papier, car il doit toujours avoir un certain degré d'humidité pour bien recevoir l'impression. Voici comment on s'y prend. On étale une poignée de quelques feuilles sur un *ais*, planche de 2 centimètres d'épaisseur, et d'environ 3 centimètres plus large en tous sens que le papier. On prend un peu d'eau dans un baquet avec la pointe d'un petit balai de bouleau, et on asperge le papier étendu sur l'ais. On met une seconde poignée sur la première, et on l'asperge de même, ainsi de suite jusqu'à ce que tout le papier qui doit servir à l'impression de cette feuille soit trempé de cette manière. On met un autre ais par-dessus le tout et on le charge d'un fort poids. On laisse pendant quelques heures le papier en cet état; peu à peu l'eau y pénètre partout. Pour répandre l'humidité plus également on *remanie* ce papier; c'est-à-dire, on le retourne sur lui-même, pincée à pincée, tantôt de gauche à droite, tantôt de bas en haut; à chaque fois on le lisse avec la main, pour l'étendre et en effacer les rides. On le met ensuite dans un pressoir, où on lui fait éprouver, par degrés, jusqu'à la plus forte pression possible. De cette manière l'humidité se trouve tellement répandue dans la masse, qu'à peine si chaque feuille s'en ressent un peu. Cela suffit cependant, et c'est dans cet état que le papier doit être pour recevoir

une bonne impression. Quelquefois même on lui fait encore subir une autre opération : chaque feuille est placée entre deux cartons à satiner et passée de nouveau dans un pressoir fortement serré ; ou bien encore les feuilles sont mises entre deux planches de cuivre ou de zinc et passées sur un cylindre d'acier poli. Alors la surface du papier est aussi unie qu'une glace. Mais on n'emploie ces moyens coûteux que pour les impressions de luxe et surtout lorsqu'il y a des vignettes. L'ouvrier le porte alors sur son *banc* et se dispose à imprimer.

Pour nous mieux faire comprendre dans la description que nous voulons donner de la manœuvre d'une presse, nous croyons à propos d'en représenter ici la fig. 1292.



1292.

A, jumelles ; B, contre-poids ; C, platine ; D, rouleau de la manivelle ; E, marbre ; F, tympan ; G, patin ; H, barreau ; I, bandes.

La presse étant *déroulée*, l'imprimeur met sa forme sur le *marbre ;* il l'ajuste bien au milieu et l'arrête solidement, de manière qu'étant roulée sous la platine, celle-ci la couvre bien également et donne des marges parfaitement égales à la tête et au pied et sur les deux côtés.

Ensuite il fait sa *marge*. C'est une feuille du papier de l'ouvrage mise à demeure sur le *tympan*, et sur laquelle on pose de repère la feuille qui doit être imprimée. Il faut que cette marge se rencontre avec bien de la précision sur la forme. Voici comment on s'y prend (supposons encore un in-8°) : on plie la feuille en quatre, on la pose sur les deux pages qui sont sous la main gauche, le double pli à la barre, et l'autre contre les pages du haut et du bas. On l'ajuste bien carrément et bien précisément sur le milieu des *têtières* et de la barre. En cet état, on laisse tomber quelques gouttes d'eau dessus, et on abaisse doucement le tympan. En passant un peu la main par dessus le tympan, la feuille, au moyen de l'eau qu'on y a répandue, adhère au tympan. On relève le tympan avec précaution, pour que la feuille, en se déployant, ne se démarge pas. On en fixe les quatre coins sur le tympan avec un peu de colle, mais on écorne celui du bas, afin de ne pas déchirer la marge en enlevant la feuille.

On met ensuite les *pointures*. Ce sont deux espèces d'ardillons qui se fixent sur le bord du tympan, à des repères précis, et qui font de petits trous dans la feuille, de telle sorte qu'en la retournant pour l'imprimer de l'autre côté, la feuille *rentrant dans les mêmes pointures*, ou, pour mieux dire, les pointures rentrant dans les trous qu'elles ont déjà faits, l'impression des deux côtés doit *tomber* exactement l'une sur l'autre, ligne sur ligne, page sur page, sans la moindre déviation. C'est cette parfaite précision qu'on nomme le *registre*.

Il y a deux manières de faire le registre : c'est d'ajuster les pointures, 1° pour retourner la feuille sur elle-même, de bas en haut, ce qui se dit *retourner in-quarto* ou *in-octavo ;* alors on cherche le véritable axe de la feuille en faisant mouvoir peu à peu, soit en haut, soit en bas, le petit bout de l'une ou de l'autre pointure ; 2° pour la retourner sur les côtés, d'une pointure à l'autre, ce qui se dit *retourner in-douze*, parce qu'en effet, le papier de ce format ne peut pas se retourner autrement ; alors le point de repère se cherche en avançant ou reculant les pointures et en faisant mouvoir la pointe, soit en haut, soit en bas.

On *touche* un peu la forme. On abaisse la *frisquette* sur le *tympan* et ces deux parties ensemble sur la *forme*, puis on tire un léger coup, suffisant pour marquer la frisquette, ce qui sert à la *découper*. On en fait tomber toutes les parties imprimées et on réserve les blancs. La frisquette, ainsi découpée, sert à garantir les blancs de la feuille de tout barbouillage sans empêcher la lettre d'y parvenir.

Ensuite on met *en train*. Voici ce que c'est : une première feuille est tirée avec précaution ; on examine si la platine ne foule pas plus d'un côté que de l'autre ; ce serait un signe que la forme ne serait pas bien au milieu ; il serait facile d'y remédier, mais il faudrait recommencer tout ce qu'il y aurait de fait. S'il n'y a, par-ci, par là, que quelques petits endroits qui viennent ou trop *forts* ou trop *faibles*, cela peut provenir de beaucoup de causes que nous ne nous proposons pas de rechercher ici, mais il est aisé d'y remédier en enlevant avec des ciseaux la partie de la marge où cela vient trop fort, ou en y ajoutant un petit morceau de papier supplémentaire, qu'on appelle une *hausse*, aux endroits qui viennent trop faibles. Cette expérience peut se répéter sur quelques autres feuilles, jusqu'à ce qu'on soit pleinement satisfait de l'égalité du foulage et de la netteté de l'impression. Alors on peut *rouler*.

Pendant que l'un des deux compagnons s'acquitte de la fonction délicate de la mise en train, son camarade dispose l'appareil d'encrage, représenté fig. 1293 et 1294. Cet appareil, comme on le voit, consiste en une table surmontée, à l'une de ses extrémités, d'un cylindre en fer, et en un rouleau de gélatine, composé d'une mixtion de mélasse et de colle-forte. L'encre dont on se sert pour imprimer est un composé de vernis et de noir de fumée. Le vernis n'est autre chose que de l'huile de lin rendue épaisse par la cuisson. Le noir s'obtient en brûlant du brai ou autres matières grasses. On opère le mélange parfait de ces substances en les broyant à la molette sur un marbre, ou mieux, en les faisant passer successivement dans différents laminoirs de plus en plus serrés. Quand on veut avoir des encres de couleur, on substitue au noir la couleur qu'on désire, en l'unissant de la même manière au vernis. Pour rendre l'encre siccative, on y ajoute un peu de litharge.

1293.



1294.

On a soin de toujours tenir la table de l'encrier bien propre, exempte de toute ordure, poussière, poils, graisse, etc. Le compagnon charge d'encre le cylindre de l'encrier et l'étend également par deux ou trois tours de manivelle ; il examine si son rouleau peut faire un bon service, et, après l'avoir bien nettoyé et dégraissé, il prend un peu d'encre, en l'approchant du cylindre, et la *distribue* sur la table ; il répète cet exercice jusqu'à ce que le rouleau soit bien *pris*. *Distribuer*, ici c'est ré-

partir également sur toute la surface de la table l'encre qu'on a prise au cylindre en appuyant le rouleau dessus, ce qui se fait en faisant courir, dans tous les sens, le rouleau sur la table. Plus la distribution est étendue avec le moins d'encre possible, mieux cela vaut. Alors le compagnon *touche* la forme; autrement dit, il passe deux ou trois fois le rouleau sur toute la surface de la forme, pour charger l'œil de la lettre de l'encre nécessaire à l'impression, et se remet aussitôt à distribuer de nouveau sur la table, pour reprendre autant d'encre qu'il en a été dépensé.

Les imprimeurs disent : *Toute forme encrée doit être tirée*. Celui qui est au barreau prend une feuille sur le pupitre où est déposé le papier blanc, et la pose bien de repère sur la marge. De la main droite il abat la frisquette sur le tympan qu'il abat également sur la forme du même mouvement; cela s'appelle faire le *moulinet*. Par un tour de manivelle, donné de la main gauche, le train est presque aussitôt rendu sous la platine. La main droite se trouve toute portée pour saisir le barreau : l'imprimeur l'attire à lui jusqu'à fin de résistance; ce mouvement fait descendre la platine sur le train, fait *fouler* le papier sur la forme et produit l'impression, but de tout ce qui précède. Le barreau est reconduit à son repos. La main gauche, qui n'a pas quitté la manivelle, déroule immédiatement le train; la droite, par un mouvement analogue au précédent, relève d'un même coup le tympan et la frisquette. Enfin, de la main gauche, il soulève par un coin la feuille de dessus la marge, et de la droite l'emporte et la met en dépôt sur le banc, à côté du papier blanc. Tout cela se fait en douceur, avec adresse et célérité. De cette manière, une presse peut *tirer* (imprimer) environ 2,000 feuilles par jour, mais d'un côté seulement, car pour imprimer de l'autre côté, ce qui se dit *en retiration*, il faut mettre une autre forme sous presse, en place de la précédente, retourner le papier sur le pupitre, et répéter l'opération de tout à l'heure.

Lorsque les deux côtés de la feuille sont tirés, les imprimeurs lavent les formes avec une brosse dans une bonne dissolution de potasse, et les rincent grandement jusqu'à ce qu'elles ne rendent plus d'eau noire. Alors ils les rendent aux compositeurs, qui les *distribuent*, c'est-à-dire remettent la lettre en casse pour en composer de nouveaux textes. Voici comment se fait cette distribution :

Le compositeur met la forme sur le marbre, la desserre, en ôte le châssis et toutes les garnitures, qu'il conserve en ordre sur un ais pour les employer à une autre forme. Il enlève les titres courants et autres, les lignes de pied, et tout ce qui est étranger au texte de l'ouvrage. On jette un peu d'eau avec une éponge sur cette lettre, si elle n'est déjà mouillée, pour lui donner du liant. On en prend une poignée, qu'on tient de la main gauche sur une réglette. Avec les deux premiers doigts et le pouce de la main droite, on prend un ou deux mots, et, après les avoir lus, on en écarte un peu les lettres pour les laisser tomber une à une avec plus de facilité dans leurs cassetins respectifs. Cette opération se fait ordinairement avec autant de légèreté que de célérité, tant pour ne pas heurter l'œil de la lettre en la jetant trop rudement, que parce qu'elle est aisée et une des charges de l'ouvrier; cependant il faut y apporter assez d'attention pour ne pas jeter une lettre dans un cassetin qui ne serait pas le sien, ce qui serait faire une *coquille*.

Quand l'ouvrier a ainsi rempli sa casse, il laisse sécher la lettre avant de l'employer de nouveau, car, lorsqu'elle est mouillée, la ligne est très difficile à justifier. En conséquence, pour ne point perdre de temps, c'est ordinairement par cette opération que le compositeur finit sa journée.

Le lecteur connaît maintenant toute la manutention principale d'une imprimerie. Les détails que nous pourrions ajouter à ce que nous avons dit ne conviendraient qu'aux ouvriers de profession. Cependant nous avons encore à satisfaire sa curiosité sur le mode d'impression des journaux; mais, comme les presses mécaniques qu'on y emploie diffèrent de celles dont nous venons de parler, nous y reviendrons dans un instant. Pour terminer, après l'impression, ce qui concerne la confection des *labeurs* (entreprises de librairie), nous avons à indiquer la manière de plier les feuilles, pour en former des cahiers et ensuite les relier en volumes.

Le pliage des feuilles diffère selon le *format*, ce qui s'entend non de la grandeur, mais du nombre de pages que contient la feuille.

Le côté de la feuille imprimée où se trouve la page 1 s'appelle *côté de première;* celui où se trouvent les pages 2 et 3 s'appelle *côté de seconde*.

Pour plier une feuille on met toujours le côté de première en dessous, la page 1 sous la main gauche, par conséquent le côté de seconde en dessus, et la page 2 également sous la main gauche.

Pour l'*in-folio*, il suffit d'abaisser de droite à gauche le folio de la page 3 sur celui de la page 2 bien exactement, et de plier la feuille par le milieu. Si le registre est bien fait, les lignes des quatre pages doivent tomber l'une sur l'autre, ombre sur ombre, et le pli doit partager les trous de pointures.

Dans l'*in-quarto*, la page 2 se trouve bien à gauche, mais non positivement sous la main. On abaisse d'abord de droite à gauche 3 sur 2, ensuite, du haut en bas, 4 sur 5.

Dans l'*in-octavo*, la page 2 est sous la main gauche. On abaisse d'abord de droite à gauche 3 sur 2; ensuite, de haut en bas, 12 sur 13, puis on fait faire lestement au cahier un quart de conversion, par lequel la 8 se trouve en haut, et on abaisse cette page 8 sur la 9. Cette conversion se fait pour faciliter le pliage, qui se ferait mal en abaissant de gauche à droite : les deux bras se croiseraient pour former le pli.

Dans l'*in-douze*, la page 2 est à gauche, mais en haut. On abaisse, de droite à gauche, seulement le tiers de la feuille, non folio sur folio, cela ne se peut, mais on se guide sur les pointures pour que le pli les partage, et on coupe. Il y a des imprimeurs soigneux qui mettent des petits filets dans les garnitures pour indiquer la coupure des feuilletons, alors on se guide sur ces filets. Abaissez de haut en bas 10 sur 11, faites la volte de bas en haut, de manière que 12 et 13 se trouvent à découvert, et abaissez de haut en bas 12 sur 13. Mettez à part.

Venant ensuite au grand carton, vous lui faites faire un quart de conversion, de manière à ce que la 2 se trouve sous la main gauche, et vous pliez comme une feuille in-8°. Enfin vous encartez le petit cahier dans le grand, entre les pages 8 et 17.

Il y a des impositions in-12, où le petit cahier ne s'encarte pas; il se met à la suite du grand; mais le pliage est le même.

Dans l'*in-dix-huit*, la page 2 est sous la main gauche. On abat de droite à gauche seulement le tiers de la feuille, 25 sur 24, et on coupe.

Faites faire un quart de conversion à ce tiers, pour que la page 26 se trouve à gauche et en haut. Abaissez de droite à gauche le tiers de ce feuilleton, non folio sur folio, cela ne se peut, mais de manière à ménager en tête une marge égale à la moitié des têtières. En pareil cas, les imprimeurs soigneux mettent des *guides* dans les garnitures et on plie dessus. Coupez ce petit carton. Abaissez de haut en bas 30 sur 31, et mettez à part. Pliez l'autre partie comme un in-4°, et encartez le petit dans le grand carton; mettez à part, la signature en dessus.

Procédez de même pour le second feuilleton, et mettez à part sur le précédent.

Faites faire conversion au dernier feuilleton, et procédez comme aux précédents. Mettez à part sur les deux autres, alors les folios de tous les trois se suivent.

L'*in-seize* se coupe d'abord en petits cartons qui représentent autant de feuilles in-4° et se plient selon ce format.

L'*in-vingt-quatre* se réduit également en petites feuilles in-12, qui se plient selon ce format.

L'*in-trente-deux* se réduit aussi en petites feuilles in-8°, qui se plient selon ce format. M. BRUN.

IMPRIMERIE MÉCANIQUE. L'imprimerie se compose, comme nous venons de le voir, de deux opérations distinctes, la composition et l'impression. De ces deux opérations la seconde seule paraît pouvoir être du domaine de la mécanique, aussi allons-nous voir qu'on est arrivé à l'exécuter par procédés presque entièrement automatiques. Nous parlerons ensuite des tentatives faites récemment pour faire rentrer la première, autant que faire se pouvait d'une opération exigeant nécessairement l'intervention intelligente du compositeur, dans le domaine mécanique, recherches qui n'ont mené jusqu'ici et ne paraissent pouvoir conduire qu'à des résultats de médiocre importance.

IMPRESSION MÉCANIQUE. La première personne qui ait rendu public le projet d'une presse mécanique fut William Nicholson, l'éditeur du *Journal philosophique*, qui prit un brevet d'invention en 1790, 1° pour placer les types sur une surface cylindrique; cette disposition des caractères, des filets, des garnitures, etc., était tout à fait nouvelle (fig. 1295); 2° pour étaler l'encre à la surface des types, en faisant rouler sur eux la surface d'un cylindre enduit d'encre, ou bien en faisant que les types s'appliquassent eux-mêmes sur celui-ci. Quant au moyen de répandre l'encre également sur ce cylindre, il proposait pour cela d'appliquer trois rouleaux distributeurs, ou davantage, longitudinalement au cylindre à encre, de manière qu'ils pussent rouler sur eux-mêmes par le mouvement de ce dernier. « J'opère, disait-il, toutes mes impressions par l'action d'un cylindre, ou d'une surface cylindrique : c'est-à-dire que je fais passer le papier entre deux cylindres, sur l'un desquels est fixée la forme des types qui constitue ainsi une partie de sa surface; l'autre cylindre est garni de drap, il sert à presser le papier de manière à lui faire recevoir l'impression; ou bien encore je fais passer la forme des types, préalablement encrée, successivement en contact avec le papier enveloppant le cylindre garni de drap. »

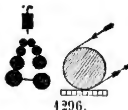
1295.

Dans cette description, M. Nicholson indique assez clairement les principales parties qui entrent dans les machines à imprimer d'aujourd'hui; et s'il avait donné à chaque partie de son invention autant d'attention qu'il en a apporté dans ses inutiles efforts pour attacher les types à un cylindre, ou bien, s'il avait songé à courber les formes stéréotypées dont on commençait à parler alors, il aurait, selon toute probabilité, réalisé un appareil pratique.

La première machine à imprimer qui ait été employée a été, sans contredit, inventée par M. Kœnig, horloger de Saxe, et construite sous sa direction; dès l'année 1804 M. Kœnig s'occupait de perfectionner les presses d'imprimerie. N'ayant pu réussir à intéresser à ses vues les imprimeurs du continent, il vint à Londres bientôt après cette époque; il soumit ses plans à M. T. Bensley, célèbre imprimeur, et à M. Taylor.

Ces messieurs fournirent libéralement des fonds à M. Kœnig et à son aide Bauer, mécanicien allemand. En 1811, Kœnig obtint une patente pour une méthode par laquelle il faisait marcher par un moteur une presse ordinaire à la main; mais après beaucoup de dépenses et de travail, il fallut renoncer à ce projet. Il dirigea alors son attention vers l'emploi d'un cylindre, au lieu d'une surface plane, pour communiquer la pression; il réussit enfin, quelque temps avant le 28 novembre 1814, à compléter son *automate* à impression. car ce jour-là, les éditeurs du *Times* annoncèrent à leurs lecteurs qu'ils lisaient pour la première fois un journal imprimé par une machine à vapeur; c'est donc là un jour à jamais mémorable dans les annales de la typographie.

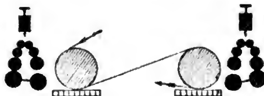
Dans cette machine, la forme à types était disposée de manière à se mouvoir horizontalement au-dessous du cylindre à impression sur lequel la feuille de papier était tenue très serrée au moyen d'une série de cordons de fil, sans fin. L'encre était placée dans une boîte cylindrique, d'où elle était chassée au moyen d'une vis qui pressait sur un piston parfaitement ajusté : l'encre tombait ensuite entre deux rouleaux de fer, qui par leur mouvement de rotation la transmettaient à plusieurs autres rouleaux subjacents, lesquels avaient non seulement un mouvement autour de leurs axes, mais encore un mouvement alternatif en travers. Ce système de rouleaux *égalisateurs* se terminait par deux autres garnis de cuir qui appliquaient l'encre sur les types (fig. 1296). Cette manière d'égaliser et d'appliquer l'encre offrait évidemment un mécanisme un peu trop compliqué, et par conséquent difficile à conduire; il exigeait quelquefois deux heures avant qu'il pût être mis convenablement en train.



1296.

Afin d'obtenir rapidement un grand nombre d'impressions avec la même forme, un cylindre fut établi de chaque côté de l'appareil à encre, la forme devant passer au-dessous de chacun d'eux; avec cette disposition à double effet, on obtint 1,100 impressions par heure lorsque la machine fut mise en œuvre pour la première fois; mais un perfectionnement subséquent la mit à même d'en donner jusqu'à 1,800.

La seconde découverte de Kœnig fut de construire une machine capable d'imprimer les deux côtés d'un journal chaque fois que les formes complétaient leur passage au-dessous des cylindres. L'appareil (fig. 1297)



1297.

se composait de deux machines simples, complètes, placées l'une vis-à-vis l'autre, les deux marbres étant réunis en un seul, vers les extrémités duquel se trouvaient les encriers.

La feuille était portée d'un cylindre à l'autre comme auparavant, par le moyen de rubans, et le chemin qu'elle parcourait ressemblait à la lettre S, couchée horizontalement ∽. Par là la feuille était tournée sens dessus dessous, pendant la course même d'un cylindre à l'autre. Sous le premier cylindre elle recevait l'impression de la première forme, et sous le second celle de la deuxième. Ainsi disposée, la machine put imprimer 750 feuilles d'impression des deux côtés en une heure. Ce nouvel appareil à registre fut construit en 1815 pour M. T. Bensley. Ce fut la seule machine construite par Kœnig, pour imprimer des deux côtés.

MM. Donkin et Bacon, quelques années avant cette

époque, s'étaient occupés très sérieusement de machines à imprimer. Il est certain que dès 1813, ils avaient pris une patente pour un appareil dans lequel les types étaient placés sur les côtés d'un prisme tournant sur lui-même. L'encre y était appliquée par un rouleau, qui s'élevait et s'abaissait par l'effet de l'excentricité de la surface prismatique, et la feuille était placée sur un autre prisme disposé de manière à coïncider à son tour avec les excentricités du prisme à types. Une pareille machine fut construite pour l'université de Cambridge (fig. 1298). Ce fut un beau modèle, d'une invention ingénieuse et d'une parfaite exécution; mais elle fut trouvée trop compliquée, et insuffisante dans la partie du mécanisme qui fournissait l'encre. Cependant cette invention montra pour la première fois des rouleaux élastiques, inventés en France, composés d'une combinaison de colle-forte et de mélasse, qui constituent à eux seuls une des plus belles inventions de la typographie moderne. Dans la machine de Kœnig, les rouleaux étaient de métal, recouverts de cuir, et ne répondaient jamais bien à leur but.

1298.

Dans l'année 1815, M. Cowper dirigea son esprit inventif vers les machines à imprimer, qu'il a depuis portées, avec son associé M. Applegath, à un degré de perfection inespéré. M. Cowper obtint, cette même année, une patente pour avoir rendu courbes les formes stéréotypées dans le but de les fixer à un cylindre. Plusieurs machines ainsi disposées, capables d'imprimer des deux côtés 1000 feuilles par heure, fonctionnent aujourd'hui. Douze d'entre elles furent construites pour les directeurs de la banque d'Angleterre, quelque temps avant la reprise des payements en or.

On doit remarquer ici que le même objet semble avoir occupé l'attention de Nicholson, Donkin, Bacon et Cowper; savoir : le mouvement de révolution de la forme des types. Nicholson pensait obtenir cet effet en donnant au corps de chaque type la forme d'un voussoir. Donkin et Bacon, en attachant les types sur les côtés d'un prisme tournant; et Cowper, avec plus de succès, en courbant toute une forme stéréotypée. Dans ces machines (fig. 1299), M. Cowper place deux



1299.

cylindres côte à côte, et contre chacun d'eux un cylindre sur lequel sont ajustées les formes. Chacun de ces quatre cylindres a à peu près 0m,60 de diamètre. A la surface du cylindre tenant la forme stéréotypée, sont appliqués quatre ou cinq rouleaux à encre, d'environ 0m,08 de diamètre; ils sont maintenus dans leur position par un châssis placé à chaque extrémité dudit cylindre, leurs axes se trouvant dans des ouvertures verticales pratiquées dans le châssis; par ce moyen les rouleaux ont des mouvements libres, ils agissent par leur propre poids, et n'exigent aucun ajustement.

Le châssis, qui supporte les rouleaux à encre, s'appelle le châssis ondulant; il est fixé par des gonds à la charpente générale de la machine. Le bord du cylindre à forme stéréotypée frotte contre le châssis ondulant en l'écartant successivement, et par suite en imprimant aux rouleaux un mouvement traversal. Ces rouleaux distribuent l'encre sur les trois quarts de la surface du cylindre, l'autre quart étant occupé par les formes courbes stéréotypées. L'encre est contenue dans un récipient parallèle au cylindre, et formé d'un rouleau en métal qui tourne contre le bord d'une plaque de fer; dans sa révolution, il se couvre d'une couche mince d'encre qui est transmise au cylindre à forme, par un rouleau distributeur qui tourne entre les deux. L'encre est ensuite répandue sur le cylindre à forme, ainsi que nous l'avons déjà décrit. Les formes, en passant sous les rouleaux, se chargent d'encre; et comme le cylindre continue à tourner, elles arrivent au contact de la feuille de papier, qui est placée sur le premier cylindre, et qui, de là, est portée par le moyen des rubans sur le deuxième cylindre à papier, où elle reçoit l'impression sur le côté opposé de la forme placée sur ce deuxième cylindre.

De cette manière l'impression de la feuille est complète. Quoique cette machine ne soit applicable qu'aux formes stéréotypées, elle a été d'une grande importance, en ce qu'elle a servi à fonder le succès futur de la machine à impression de MM. Cowper et Applegath, en leur montrant la meilleure manière de fournir, de distribuer et d'appliquer l'encre aux types.

Afin d'adapter cette méthode de distribution de l'encre à une machine à formes plates, il n'y eut plus qu'à appliquer sur un plan ou sur une table, ce qu'on avait fait pour une surface cylindrique d'une certaine étendue (fig. 1300). En conséquence, MM. Cowper et Applegath construisirent une machine à imprimer les deux côtés d'une feuille (fig. 1301), ayant à la fois l'appareil à l'encre, et le mode de transport de la feuille d'un cylindre à l'autre, par le moyen de tambours et de rubans.



1300.



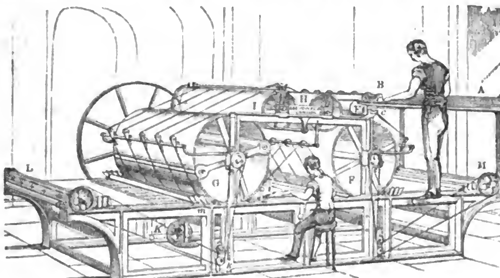
1301.

Les avantages de ces machines, qui n'ont pas encore été surpassées jusqu'ici, sont : la distribution uniforme de l'encre, l'égalité aussi bien que la légèreté avec lesquelles elle est répandue sur les types, et la facilité avec laquelle tout le mécanisme est conduit.

Construire une machine qui imprime les deux côtés à la fois, avec un registre exact, c'est-à-dire avec le second côté placé précisément au dos du premier, est un problème fort difficile, qui a été pour la première fois pratiquement résolu par MM. Applegath et Cowper. Il est comparativement facile de construire une machine qui imprime d'abord un côté de la feuille et ensuite l'autre, en remplaçant une forme par une autre, et c'est à ce point que M. Kœnig était parvenu. Un registre correct exige que la feuille, après avoir reçu la première impression d'un cylindre, passe par la périphérie des cylindres et des tambours, de manière à pouvoir rencontrer les types du deuxième côté, au point précis qui forcera ce côté à tomber avec une exactitude géométrique sur le dos du premier. Dans ce but, les cylindres et les tambours doivent faire leur révolution exactement dans le même temps que le marbre; il résulte de là que la moindre inexactitude dans l'exécution doit produire une typographie si défectueuse qu'elle ne serait pas admissible pour l'impression des livres d'aujourd'hui, quoiqu'elle pût être tolérée pour celle des journaux. Une distribution égale de l'encre n'est pas moins importante que la beauté des caractères.

Les machines représentées dans les fig. 1302 et 1304, sont celles de MM. Applegath et Cowper, qui se construisent aujourd'hui dans tous les pays. Celle repré-

sentée dans la fig. 1302, imprime les deux côtés de la feuille pendant son passage et donne à peu près mille feuilles imprimées par heure. Le papier humide étant empilé sur la table A, l'enfant qui se trouve sur la plate-forme voisine, présente les feuilles l'une après l'autre au rouleau preneur B. Ce rouleau s'abaissant à intervalles réguliers par l'effet d'un excentrique, saisit la feuille qui se trouve engagée, et avance entre deux séries de cordons sans fin qui passent autour du rouleau de tension. Ces cordons sont placés de manière à tomber dans les marges. De cette manière ils restent en contact avec les deux côtés de la feuille de papier pendant que celle-ci avance à travers la machine. Le papier est ainsi conduit du premier cylindre d'impression F, au second cylindre G, par un mouvement régulier et continu, sans que rien puisse déranger la coïncidence de l'impression des deux côtés. Ces deux grands cylindres sont en fonte, et parfaitement dressés. Ils sont recouverts dans les parties qui correspondent à l'impression d'un drap fin dit *blanchet*, et tournent sur des axes qui reposent sur des coussinets fixés au châssis de la machine.

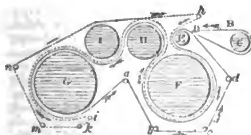


1302.

Les tambours H et I sont en bois, ils servent à retourner et à conduire la feuille de papier, avec égalité, d'un cylindre à l'autre.

Suivons le mouvement des cordons, qui feront bien comprendre celui de la feuille de papier.

Cordon intérieur tournant autour du cylindre d'introduction E ; il reste en contact avec le côté droit et la surface inférieure du cylindre à impression F, passe ensuite par dessus le tambour H, et au-dessous du tambour I ; alors, entourant le côté gauche et la partie inférieure du tambour à impression G, il passe sur de petites poulies de tension *a*,*b*,*c*,*d*, (fig. 1303) ; et enfin revient sur le rouleau E.



1303.

Cordon extérieur — Ce cordon vient passer sur les poulies qui se mettent en contact avec le rouleau d'introduction E, pour entraîner la feuille. A ce moment, les deux séries de cordons coïncident, puis ils avancent ensemble sous le cylindre à impression F, puis sur H, sous I, et autour de G, jusqu'à ce qu'ils arrivent au rouleau *i* (fig. 1303), où ils se séparent après être restés en contact, excepté dans l'intervalle où la feuille de papier s'est trouvée entre eux. La feuille se trouve ainsi abandonnée. Les rubans descendent du rouleau *i*, à un autre rouleau placé en *k*, et, après avoir passé en contact avec les rouleaux en *l*, *m*, *n*, ils arrivent finalement au rouleau *h*, où ils sont censés commencer. Par là, les deux séries de rubans agissent continuellement en contact, sans se croiser.

Les différents cylindres et tambours tournent avec exactitude au moyen de roues d'engrenages et montées à leurs extrémités. Deux formes de types horizontales sont placées séparément à une certaine distance sur le marbre en fonte M, sur le prolongement duquel se trouve, de chaque côté, une table à encre. Le marbre commun, portant les deux formes de types et les deux tables à encre, est poussé en avant et en arrière d'une extrémité de la machine à l'autre, sous des rouleaux fixés au châssis, et dans son passage, il met les types en contact avec la feuille de papier retenue en place par les rubans qui entourent les surfaces des cylindres à impression. Ce mouvement alternatif est dû à un pignon qui agit alternativement sur les côtés opposés d'une crémaillère placée sous la table. Le pignon est conduit par les roues à angle K.

Le mécanisme pour fournir l'encre, et la distribuer sur les formes, est une des plus ingénieuses et des plus utiles inventions qui appartiennent à cette machine. On a adapté deux appareils à encre semblables à la machine, à chaque extrémité, de manière que chacun d'eux fournit l'encre à la forme qui se trouve placée de son côté. Le cylindre en fer L apporte le supplément d'encre nécessaire par un mouvement lent de rotation que lui communique une corde à boyau qui passe autour d'une petite poulie placée à l'extrémité de l'axe du cylindre à impression G. Une plaque horizontale de métal, avec un rebord en équerre, est ajustée par une suite de vis, de manière à se trouver à peu près en contact avec le rouleau. Cette plaque a un rebord perpendiculaire par derrière, qui forme l'encrier, et qui fournit l'encre au rouleau à mesure que celui-ci tourne sur la table. Un autre rouleau ordinaire est levé, à chaque mouvement de va-et-vient, et va toucher le rouleau de l'encrier un seul instant, et lui enlève une couche très mince d'encre, pour la transporter sur la table en retombant. Il y a trois ou quatre rouleaux de distribution qui traversent la table en M, un peu obliquement (ils

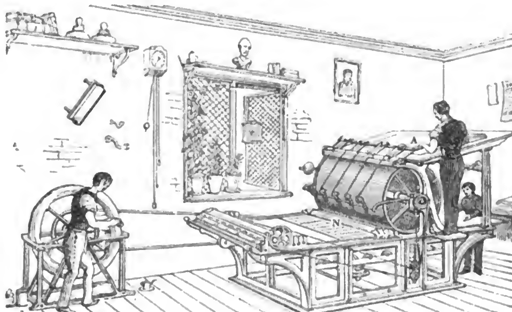
s'écartent de la parallèle seulement de deux pouces à l'extrémité du cadre); ils sont munis d'axes longs et minces, qui reposent dans des entailles verticales, où ils peuvent en même temps effectuer librement leurs révolutions, et se mouvoir en travers. Par ce mouvement composé, ils peuvent effacer toute espèce d'inégalité à la surface de la table, ou effectuer une distribution parfaite. L'encre étant étalée d'une manière uniforme sur la table, celle-ci passe sous les trois ou quatre rouleaux à encre (voyez fig. 1300), leur donne une couche d'encre uniforme très mince que ceux-ci transmettent immédiatement aux types. Par cette disposition, chaque fois que les formes complètent leur course d'un côté à l'autre, ainsi que l'exige l'impression de chaque feuille, les types ne sont pas touchés moins de huit fois par les rouleaux à encre. Les rouleaux de distribution, comme les rouleaux toucheurs, tournent dans des entailles qui leur permettent de s'élever et de retomber de manière à peser de tout leur poids sur la table à encre, ainsi que sur les formes, de sorte qu'ils n'exigent aucun ajustement, ni aucune vis, et sont toujours prêts pour l'ouvrage tant qu'on les laisse retomber dans leurs positions respectives.

Tout le système de l'appareil reçoit son mouvement d'une courroie mue à l'aide d'une machine à vapeur qui entoure une poulie placée à l'extrémité de l'axe, derrière la charpente; une machine à vapeur de la force d'un seul cheval, suffit pour mettre en mouvement deux machines à impression à double effet; tandis qu'une machine à simple effet peut être mise en mouvement par la puissance de deux hommes, qui font tourner un volant.

types, et en reçoit l'impression. Après s'être ainsi imprimée d'un côté, elle est portée en passant sur H, et sous I, contre le drap du cylindre à impression G, où elle se trouve placée dans une position inverse de la première; le côté imprimé étant maintenant en contact avec le drap, et le côté blanc étant en dehors, elle rencontre la deuxième forme de types à l'instant convenable pour recevoir la deuxième impression, et se trouve par là complétement imprimée. La feuille arrive aussitôt après au point *i* où les deux séries de rubans se séparent, elle en est dégagée par l'effet de la force centrifuge, et tombe dans les mains d'un enfant qui se trouve là pour la recevoir.

La fig. 1304 représente une presse mécanique dite en blanc, parce qu'elle n'imprime la feuille que d'un côté. Le second côté s'imprime en replaçant la feuille sur la presse, au moyen de pointures, comme pour la presse à bras.

La fig. 1305 représente une machine à grande vitesse à deux cylindres, et la fig. 1306, un autre système analogue, aussi inventé par MM. Applegath et Cowper, pour imprimer le journal le *Times*. Il y a ici quatre places pour quatre margeurs et quatre leveurs de feuilles; il faut, par conséquent, huit enfants. P, P, P, P, sont les quatre piles de papier; F, F, F, F, sont les quatre planches nourricières. E, E, E, E, sont les quatre tambours d'entrée sur lesquels les feuilles sont introduites entre les rubans *t*, *t*, *t*, *t*, d'où elles sont conduites aux quatre cylindres d'impression 1, 2, 3, 4; T est la forme; I, I, sont les deux tables à encre, une placée à chaque extrémité de la forme. L'appareil à encre est



1304.

L'opération de l'impression se fait comme il suit (fig. 1302) :

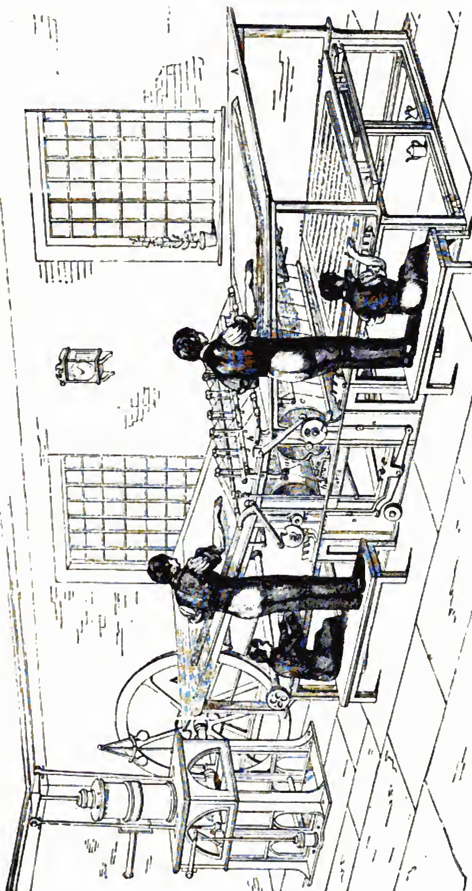
La feuille de papier étant placée avec soin sur le rouleau preneur, se trouve saisie par le mouvement imprimé au moyen d'un segment de roue qui ne fait qu'une portion de révolution. Ce mouvement fait avancer la feuille de papier suffisamment, pour l'introduire entre les deux séries de rubans sans fin, au point où ceux-ci se rencontrent sur le tambour d'entrée E. Aussitôt que la feuille se trouve enlacée par les rubans, les rouleaux C et D sont ramenés à leur première position, au moyen d'un contre-poids, afin de se retrouver prêts à introduire une autre feuille dans la machine. La feuille s'avançant entre les rubans sans fin, s'applique contre le drap du cylindre à impression F, et à mesure qu'elle tourne, elle rencontre la première forme des

semblable à celui déjà décrit, avec addition de deux rouleaux placés au centre R, qui reçoivent de même leur encre de tables à encre. Les cylindres d'impression 1, 2, 3, 4, sont disposés de manière à s'élever et à tomber d'à peu près un demi-pouce; le premier et le troisième simultanément, de même que le second et le quatrième. La forme à types, en passant de A en B, imprime les feuilles 1 et 3, et en revenant de B en A, elle imprime 4 et 2; en même temps les cylindres tombent alternativement pour donner l'impression, et s'élèvent pour laisser passer la forme sans la toucher.

Chacune des lignes marquées *t* (fig. 1306), représente deux rubans sans fin, qui courent en contact, dans les parties indiquées, mais qui se séparent aux tambours d'entrée E, ainsi qu'aux endroits où l'on retire les feuilles *o*, *o*, *o*, *o*. Le retour des rubans au tam-

bour d'entrée n'est pas représenté dans la figure pour éviter la confusion.

Les feuilles de papier étant placées, leurs bords exactement en contact avec le tambour d'entrée, un même la feuille entre les rubans *t* vers le cylindre d'impression ; de là, la feuille remonte jusqu'à *o, o, o, o,* où les rubans se séparent et où la feuille tombe alors entre les mains de l'enfant qui l'attend.

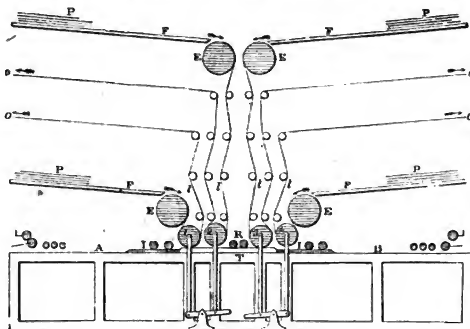


1305.

petit rouleau, tombe à des intervalles convenables sur les bords des feuilles. Le tambour et le rouleau s'éloignent ensuite, et le premier fait descendre à l'instant

Cette machine donne 4,000 exemplaires à l'heure, mais cette vitesse a encore été dépassée par de nouvelles machines analogues à celle de Nicholson, avec

cette différence qu'elles permettent l'emploi de caractères ordinaires qui s'appliquent sur un cylindre de dimension telle (2 mètres de diamètre) que la courbure est peu sensible pour la largeur de la forme considérée. L'axe du gros cylindre est vertical dans la machine d'Applegath de Londres, horizontal dans celle de Hoë de New-York. On les applique surtout à des journaux à colonnes étroites, séparées par des filets minces à leur partie inférieure pour racheter la courbure.



1306.

Composition mécanique. Malgré le peu de succès obtenu jusqu'à ce jour par les machines au moyen desquelles on a tenté d'obtenir la composition par procédés mécaniques, nous avons cru intéressant de nous y arrêter quelque peu, ne fût-ce que pour indiquer les limites dans lesquelles on peut tenter la solution du problème et faire voir combien les résultats se trouvent bornés par l'impossibilité qui provient de la nature même du travail, de l'effectuer d'une manière entièrement automatique.

La composition en tant que lecture du manuscrit et choix des lettres qui doivent former les mots étant une opération de l'intelligence, le rôle de la mécanique appliquée à la composition ne peut évidemment consister que dans un moyen qui abrége le temps nécessaire pour prendre la lettre dans le cassetin et la porter sur le composteur. La première idée qui a dû se présenter à l'esprit a été de chercher à lever la lettre au moyen d'un clavier, comme celui d'un piano, qui répond au problème semblable de disposer les touches sous la main de l'artiste de manière à ce qu'il puisse les mouvoir avec la plus grande rapidité. Tous les essais ont en effet pris le clavier pour point de départ, notamment celui fait par M. Ballanche, alors imprimeur à Lyon, il y a plus de vingt ans, et on comprendra aisément tout ce que cette idée a de séduisant, si l'on compte le nombre de notes que touche par heure un habile exécutant, et qui dans certains morceaux atteint peut-être 12 à 15,000. Nous verrons bientôt les raisons qui forcent à rester loin en arrière d'une telle vitesse, dans l'application du clavier à la composition. Nous commencerons par donner une idée de la machine à composer de MM. Young et Delcambre, destinée à résoudre seulement le problème de la composition par procédé mécanique.

Cette machine suppose la distribution faite par les procédés ordinaires, puis les sortes retirées des cassetins et composées sur des composteurs en bois, sorte à sorte, comme dans la fonderie, façon accessoire que nécessite ce système.

Clavier-mécanique de MM. Young et Delcambre. Cette machine à composer se compose de quatre parties principales, savoir :

1° Un clavier horizontal portant autant de touches qu'il y a de lettres (chaque touche porte l'empreinte de la lettre qu'elle doit faire mouvoir). A chacune correspond une tige verticale qui fait mouvoir horizontalement un couteau placé dans un plan supérieur, à chaque mouvement imprimé à la touche. Les voyelles et les consonnes sont placées au milieu, les autres lettres, accents, capitales, etc., sont disposés sur les côtés en rapprochant aussi du milieu les lettres les plus fines, comme le point, la virgule, afin de diminuer la longueur de la course qu'elles ont à faire sur le plateau dont nous parlons plus loin.

2° Un plan supérieur, sur lequel se meuvent les couteaux dont nous venons de parler. A gauche de chacun d'eux est une bande de cuivre presque verticale, creusée à l'intérieur. Dans ce vide se placent les caractères d'une sorte, posant sur leur frotterie, et composés tous du même sens. Chaque mouvement de touche faisant mouvoir le couteau correspondant (un peu moins épais que la lettre de la rainure voisine), une lettre sera poussée, et celle-ci tombera dans le vide qui est pratiqué à côté de l'endroit où elle posait.

3° Un grand plateau en cuivre incliné à 45° placé en avant du plan sur lequel posent les caractères. Dans ce plateau sont pratiquées autant de rainures qu'il y a de lettres, et que celles-ci traversent quand elles viennent de quitter leur composteur. Ces rainures se réunissant toujours de deux en deux successivement, viennent aboutir à une rainure unique, percée à son extrémité d'un trou par lequel vient passer la lettre pour entrer dans le composteur.

4° Un long composteur, commençant par un quart de cercle qui commence au vide dont nous venons de parler. La partie circulaire est double, afin que les lettres ne puissent tomber. Une petite roue à excentrique, placée au-dessus du vide, et qu'un enfant ou le compositeur font mouvoir au moyen d'une pédale, pousse les lettres arrivées sur le composteur, et fait avancer la composition sur la partie horizontale. A l'extrémité se trouve un compositeur qui prend la composition, en forme des lignes qu'il justifie, place les cadrats, etc.

Cette machine, construite avec grand soin, fonctionne assez bien. Son mécanisme est fort simple, et sauf quelques accidents qui arrivent à l'entrée des lettres dans le composteur, et dont la répétition résulte nécessairement du grand nombre de caractères en mouvement, remplit assez bien son but de machine à composer.

Cherchons maintenant à apprécier les avantages de cette machine.

Vitesse du travail. Dans les expériences faites en public, sur un quart d'heure de travail la machine n'a guère fait plus de 6,000 à l'heure. Cette vitesse de près de deux lettres par seconde, nous paraît celle qu'on aura en travail courant ; car si le compositeur peut en

faire davantage dans un moment de travail assidu, il faut calculer sur la moyenne d'une journée de dix heures. De plus, les lettres fines qui ont peu de poids étant plus retardées par le frottement (surtout quand elles sont encrassées) que les lettres lourdes, et, descendant moins vite, il faut laisser entre chaque appel un léger intervalle pour que la plus pesante n'arrive pas avant la plus légère, quoiqu'ayant été appelée en dernier. C'est exagérer que porter le travail d'une journée de dix heures à 70,000 lettres, qui coûtent actuellement 35 fr. à 50 c. le mille.

Prix de revient. Pour que la machine fonctionne régulièrement, il faut :

Un compositeur au clavier, d'une habileté toute spéciale, dont nous estimons la journée d'un travail aussi fatigant à	7 fr.
Un justificateur fort habile.	6
Un ouvrier et un apprenti pour distribuer, et c'est le moins pour fournir 7,000 à l'heure. .	8
Deux femmes pour vider les cassetins et composer les sortes. La composition de 70,000 en fonderie coûterait au moins 3 fr. 50 c., nous compterons.	4
Une personne pour remplir les réservoirs et surveiller la descente des lettres dans ceux-ci.	3
Un enfant pour surveiller l'entrée des lettres dans le composteur, que ne voit pas le compositeur.	2
Total.	30 fr.

C'est-à-dire une économie de 1/7 en ne tenant pas compte de la correction sur le plomb qui est actuellement à la charge du compositeur, et pour laquelle il faudrait peut-être la moitié de la journée d'un ouvrier, ce qui mettrait le prix de revient à 33 fr.

Cette économie est insuffisante pour compenser le prix d'achat de la machine, les dépenses d'entretien, les chances d'un avantage nul et même de perte toutes les fois que le compositeur serait obligé de ralentir ou d'arrêter par difficulté de lire la copie, ou par un accident quelconque. Aussi depuis quelques années qu'elle a été introduite en France, n'a-t-elle pris aucun développement.

Machine à distribuer de M. Gaubert. Le projet de distribuer les caractères par l'effet d'une force mécanique et inintelligente, paraît certainement au premier abord un des plus extraordinaires qu'on puisse imaginer. L'habitude de voir l'ouvrier lire le mot, dont il partage les éléments dans les cassetins, est cause que l'on considère habituellement cette opération comme une œuvre d'intelligence ; en y réfléchissant, cependant, on conçoit qu'il est possible de distinguer les caractères, soit par leurs épaisseurs, soit par des crans, de telle sorte qu'on puisse les classer indépendamment de la lettre qu'ils représentent. C'est ainsi qu'a opéré M. Gaubert.

Les caractères provenant de la distribution étant tous rangés les uns à la suite des autres, et à plat dans les rainures d'une plaque (nous dirons plus loin comment on parvient à leur assigner cette position), entrent un à un dans un premier compartiment, que nous pourrions comparer au sas d'écluse d'un canal de navigation ; la porte d'amont s'ouvre, un caractere entre. Les dimensions de l'écluse sont réglées de façon à ce qu'un seul caractere puisse être reçu à la fois. La porte d'amont se referme, la porte d'aval s'ouvre à son tour pour le laisser descendre ; les portes manœuvrent sans cesse (par un mouvement de va-et-vient) et tous les caractères franchissent l'écluse à leur rang. Voici à quel traitement le caractère est soumis à son passage dans l'écluse : chaque caractère ainsi momentanément parqué dans le sas de l'écluse, est comme exploré dans toute sa longueur, nous pourrions dire plus exactement encore, est comme sondé dans toutes ses parties par des aiguilles verticales, que des ressorts appuient sur toute sa surface. Le caractère se trouve ainsi soumis, dans toute son étendue, à l'action des aiguilles, comme les cartons de la Jacquart, sur lesquels s'appuient de nombreuses tiges métalliques, toujours prêtes à s'engager dans les ouvertures dont ils sont convenablement percés pour opérer la levée de certains fils de chaîne et former le dessin de l'étoffe. Comme le carton, le caractère a ses ouvertures ; seulement elles ne consistent qu'en de simples encoches pratiquées sur ses flancs (les crans), elles varient en nombre et en distance entre elles pour chaque espèce de type différent. Une partie des aiguilles buttent contre la masse solide du caractère, quelques-unes tombent sur le vide des encoches et s'y enfoncent. Le nombre et la situation des aiguilles pénétrantes en assignant une position particulière à un canal mobile de raccordement entre l'écluse et les réceptacles, règle la case dans laquelle le caractère ira forcément se rendre à la sortie de l'écluse. Le problème d'une direction spéciale et certaine à donner à de nombreux caractères vers le seul réceptacle qui leur convient, tout compliqué qu'il est, se trouve cependant ainsi résolu simplement par l'action de telle ou telle aiguille, dans telle ou telle encoche.

Il ne nous reste plus qu'à expliquer comment l'inventeur parvient à disposer les lettres d'une manière convenable à leur entrée dans l'écluse.

Imaginons des masses de caractères pris et jetés au hasard sur un plan incliné, garni de petits canaux longitudinaux ; un léger mouvement de sassement suffit pour ébranler les caractères, ils se désunissent, se couchent, tombent dans les canaux, les uns parallèlement à leur direction, les autres formant avec les rigoles des angles divers. Les premiers caractères, bien engagés dès leur principe, continuent leur descente ; les autres heurtés par leurs extrémités contre des obstacles verticaux entre lesquels ils sont contraints de passer, prennent bientôt une position semblable à celle des premiers. La superposition longitudinale, et dans le sens des canaux, de plusieurs caractères tombés les uns sur les autres, peut se présenter; elle doit être détruite : il suffit pour cela de les faire passer pendant leur descente dans une portion de canal doublement incliné, et sur le sens longitudinal et sur le sens transversal. Les rebords de cette partie sont plus bas que le plus mince des caractères ; tous ceux qui, jusque là, ont cheminé superposés, ne pouvant éviter, en cet endroit, d'être entraînés latéralement par le seul fait de leur propre masse. Ils tombent dans un récipient spécial, d'où ils sont repris pour courir plus efficacement, une seconde fois, les chances d'un meilleur engagement dans les canaux du plan incliné.

Nous avons décrit l'opération à laquelle est soumis le caractère arrivant par le plan incliné, dans une position normale : celui-ci, reconnu de son espèce, est de suite dirigé par le canal de raccordement, vers son réservoir définitif. Il en est autrement des caractères arrêtés dans l'écluse dans une position vicieuse; il importe de la rectifier : les aiguilles par rapport avec les crans, s'acquittent de cette fonction avec une rigoureuse fidélité ; un cran spécial, dit *cran de retournement*, est pratiqué dans tous les caractères, et à la même place. Suivant la position du caractère dans la première écluse, ce cran correspond à des aiguilles différentes ; or, le caractère peut être mal tourné de trois façons ; il peut être couché l'œil en bas sur l'un ou l'autre flanc, ou bien encore l'œil en l'air, mais sur le mauvais côté. Pour détruire chacune de ces trois fausses positions, la pénétration d'une aiguille spéciale dans chacun de ces cas particuliers fait prendre au canal de raccordement une position telle que le caractère, au lieu d'être dirigé vers son récipient définitif

est conduit à une série de trois écluses nouvelles, toutes trois à sas mobiles, mais chacune suivant un mode particulier : le sas de la première écluse (l'écluse tout entière), tourne sur lui-même suivant un axe longitudinal; celui de la seconde suivant un axe vertical; le troisième pivote sur un axe transversal. Par une féconde et constante application du principe du rapport des aiguilles aux encoches, c'est le vice lui-même du caractère qui détermine le choix du sas d'écluse dans lequel il sera détruit. Le caractère versé d'un flanc sur l'autre, tourné ou culbuté bout pour bout, sort du sas rectificateur pour continuer sa descente, et aller rejoindre dans son réceptacle propre les caractères de son espèce. Il est difficile de rien trouver de plus ingénieux que ces moyens de faire prendre aux caractères une position déterminée. Néanmoins nous avouerons franchement qu'ils ne nous semblent pas suffisants. Quel est l'obstacle qui s'oppose à ce que des caractères glissent sur leur force de corps? Quelle est la cause qui fera glisser un — ou une lettre large plutôt sur un sens que sur l'autre? Comment les lettres collées ensemble se sépareront-elles? Mais de plus est-il bien prudent de soumettre le caractère à un mouvement de sassement, qui fasse frotter l'œil de la lettre contre des parties dures, et l'usure du caractère n'en deviendra-t-elle pas bien rapide?

Il nous semble qu'on est parti d'un principe trop général en voulant distribuer le caractère mis en pâte. Ce n'est pas ainsi qu'il se trouve dans l'imprimerie, mais bien à l'état de composition devenue inutile par le tirage, et par conséquent tous les crans tournés du même côté. Ne serait-il pas possible, en rangeant les lignes de la distribution dans la rainure d'une longue règle dans laquelle une pression les ferait avancer, de faire successivement tomber chaque lettre qui vient se présenter à l'extrémité de ce composteur par une pression exercée sur le côté. De cette manière les caractères se trouveraient de suite bien disposés, et toujours séparés; ce qu'on n'obtiendra jamais sans un certain effort pour vaincre l'adhérence qui réunit toujours plusieurs lettres après le lavage de la forme.

Prix de revient du travail fait avec cette machine. Cherchons à évaluer approximativement les résultats probables de la réunion de cette machine avec la précédente.

Evaluant à 70,000 lettres le travail de la machine en dix heures de travail, il faut pour le travail :

Un compositeur au clavier, d'une habileté spéciale, par jour.	7 fr.
Un justificateur fort habile pouvant relever l'ouvrier qui est au clavier. . .	6 fr.
Un apprenti qui place la distribution sur le plan incliné, ôte les cadrats, les interlignes.	3 fr.
Une personne intelligente qui surveille la descente des lettres, fait arrêter dès qu'un dérangement a lieu, ce que ne pourrait faire le compositeur sans perdre beaucoup de temps.	4 fr.
Correction nécessaire pour les erreurs commises, soit par le compositeur, soit par la machine, 1/2 journée.	3 fr.
Force motrice nécessaire à un homme pour deux machines.	1 fr. 50 c.
Augmentation du prix des fontes résultant de la nécessité de faire les crans, évaluée (autant qu'il est possible) au plus bas, à	1 fr. 50 c.
Total.	26 fr.

C'est donc une économie de 1/4 environ, qui serait assez notable, en admettant, bien entendu, que son travail sera régulier, et exempt d'accidents et de dérangements fréquents, car ce n'est que de ce jour-là que la machine existera, commercialement parlant, et cette machine, comme nous l'avons dit, n'a pu encore être amenée à cet état; la multiplicité des éléments sur lesquels il faut agir doit bien faire douter qu'il soit possible d'y parvenir.

IMPRIMERIE EN TAILLE-DOUCE. Ce genre d'imprimerie a pour but de tirer des épreuves des planches gravées en creux, au moyen des procédés que nous avons indiqués à l'article GRAVURE *en taille-douce*. Ce résultat est obtenu par deux opérations qui consistent, 1° à remplir de noir les tailles de la planche, à encrer; 2° à exercer une pression sur la feuille de papier placée sur la planche, à la faire passer sous une presse.

1° *Encrage de la planche.* Nous n'avons plus à revenir ici sur la composition de l'encre propre à la taille-douce, que nous avons décrite à l'article ENCRE.

On distingue deux procédés pour encrer, au chiffon et à la main.

2° *Encrage au chiffon.* Pour déposer l'encre sur la planche et la faire pénétrer dans les tailles, on se sert d'un tampon fait avec des linges enroulés les uns autour des autres. On le promène sur la planche, après l'avoir garni d'encre, en appuyant assez fortement sur les tailles, et balançant constamment la main de gauche à droite et de droite à gauche.

Pour les parties où les travaux sont larges et profonds, il convient de faire pénétrer pour les premières épreuves l'encre avec le doigt pour qu'elle arrive bien au fond.

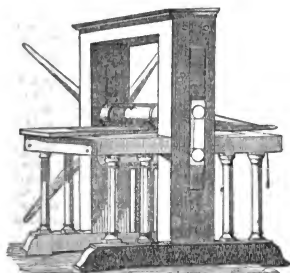
L'encre étant d'autant plus ferme que le tirage doit être plus parfait, on facilite le *bourrage* de la planche, en la posant sur un gril posé au-dessus d'un fourneau contenant du poussier de charbon, qui donne un feu doux qui chauffe la planche.

La planche étant ainsi couverte d'encre, il faut essuyer toutes les parties qui doivent rester blanches sur l'épreuve, pour qu'il ne reste d'encre que dans les tailles. Pour cela, avec un premier chiffon à moitié sale, que l'on passe légèrement sur la planche, on enlève la majeure partie du noir; puis avec un chiffon demi-gras, on essuie les bords, en appuyant et promenant franchement le chiffon d'une extrémité à l'autre de la planche. On ôte celle-ci de dessus le gril, et on la place sur la boîte d'essuie. On jette alors sur la planche quelques gouttes d'eau, dans laquelle on a dissous un peu de potasse et de chaux, et prenant deux chiffons légèrement humides, le premier déjà un peu sale, le second propre, on essuie successivement avec ces deux chiffons la surface de la planche. Il faut bien remarquer que l'imprimeur ne doit jamais essuyer dans le sens des tailles, mais bien transversalement, pour ne pas *dépouiller* celles-ci, ne pas enlever le noir.

3° *Encrage à la main.* L'encrage à la main est employé surtout pour les gravures très soignées, et pour lesquelles par suite on emploie de l'encre forte; on applique celle-ci avec le doigt sur les principaux travaux. On l'étale ensuite avec le tampon. Cela fait, on essuie les bords et on dégrossit avec un chiffon sec, puis, avec une poignée de mousseline sale on éclaircit les blancs. Cela fait, on passe la paume de la main par un mouvement brusque et on enlève ainsi l'encre qui reste sur les plats, avec une grande perfection, en *coupant* franchement l'encre qui se trouve dans les tailles. On a soin d'avoir toujours la main sèche en l'essuyant avec un chiffon et la dégraissant en la passant sur un pain de blanc d'Espagne.

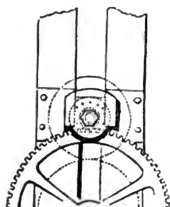
Du tirage. La figure 1307 représente la presse en taille-douce. On voit qu'elle se compose essentiellement de deux rouleaux en bois, entre lesquels passe une table également en bois. Ces deux rouleaux étant plus ou moins rapprochés au moyen de cales placées

dans les rainures des deux montants de la presse, renfermant les boites dans lesquelles tournent les tourillons, donneront une pression plus ou moins considérable sur la table. Plaçant donc sur celle-ci la planche gravée après l'avoir encrée, plaçant dessus le papier



1307.

humecté, et par-dessus plusieurs langes pour donner du foulage, l'impression s'obtiendra en faisant passer le tout entre les rouleaux, au moyen des bras de la *croisée* assemblée à l'extrémité du rouleau supérieur.



1308.

La fig. 1308 représente la disposition employée pour faire mouvoir les rouleaux sous une pression beaucoup plus forte à l'aide d'un engrenage. Ce genre de presse est dite *presse mécanique*.

INCENDIE. Les feux les plus communs sont ceux qui ont lieu dans les tuyaux de cheminées, où il s'est formé une accumulation de suie par suite d'un ramonage trop peu fréquemment répété.

Lorsque le feu se manifeste dans une cheminée, si elle est munie inférieurement d'une trappe, on baisse immédiatement celle-ci pour intercepter la communication de l'air, ce qui suffit souvent pour arrêter l'incendie. S'il n'y a pas de trappe, on retire du foyer le feu qui s'y trouve, et on ferme aussi bien que possible l'ouverture de la cheminée avec un drap mouillé. Quelquefois, au lieu d'enlever le feu, on l'étale dans le foyer, on jette dessus une certaine quantité de soufre, en fermant aussitôt après la partie antérieure de la cheminée. Le soufre brûle en absorbant de l'oxygène et formant de l'acide sulfureux, qui éteint le corps en combustion.

Quand l'incendie est très intense, et qu'il est urgent de détacher toute la suie enflammée, on place un drap mouillé sur l'ouverture de la cheminée, de manière qu'il pende tout autour; on l'assujettit sur la tablette avec des corps pesants; et le saisissant au milieu avec la main, on l'enfonce profondément, et on le retire avec vivacité. On produit ainsi une aspiration qui fait tomber une grande quantité de matières en combustion, que l'on éteint avec de l'eau, et qu'on retire du foyer, et l'on recommence la même manœuvre autant de fois qu'il est nécessaire.

Lorsqu'il est nécessaire de faire parvenir de l'eau sur des parties élevées d'un édifice, ou d'inonder des murs, etc., pour éviter que l'incendie ne s'y développe, on se sert de POMPES dites *à incendie*, qui doivent être simples, d'une manœuvre et d'un transport facile, et à jet continu, ce que l'on obtient facilement au moyen d'un réservoir à air comprimé.

Lorsqu'un puits, une borne-fontaine, ou tout autre réservoir d'eau est voisin, on alimente la pompe, en y adaptant un tuyau qui plonge jusqu'au dessous du niveau de l'eau. Dans le cas contraire, on apporte l'eau, en faisant la chaine, dans des seaux en osier doublés en cuir ou en toile goudronnée, ou fait avec un tissu de corde de chanvre très serré, et on la verse dans la bâche d'alimentation.

L'eau doit pouvoir être lancée dans toutes les directions, et conduite sur tous les points où son action devient nécessaire. On y parvient, en adaptant à la pompe des boyaux de 5 à 6 centimètres de diamètre, et d'une longueur convenable : ces boyaux se font ordinairement en cuir cousu avec du fil de cuivre. On les forme de bouts munis à l'une de leurs extrémités d'un pas de vis extérieur, et à l'autre d'une douille à vis, qui s'ajustent facilement et avec rapidité. Enfin, à l'extrémité des boyaux, on adapte un ajustage conique, par le moyen duquel on dirige l'eau sur tous les points nécessaires avec une force de 4 atmosphères environ.

Nous terminerons cet article, en disant un mot des moyens de sauvetage employés à Paris : ce sont d'abord des échelles en frêne de 4 mètres de longueur, à douze échelons, se repliant par moitié pour le transport, et portant à leur partie supérieure un demi-cercle en fer, qui puisse embrasser la tablette des fenêtres et s'y fixer solidement. Quand il s'agit de porter secours à des individus placés à la partie supérieure d'un édifice, ou d'en enlever des objets quelconques, le sapeur-pompier fixe son échelle sur la pierre d'appui de la fenêtre du premier étage, en brisant la vitre au moyen de l'arc en fer, si la croisée n'est pas ouverte, et s'en sert pour s'élever à cette hauteur: il arrive successivement de la même manière jusqu'aux étages supérieurs. Arrivé au point où doit avoir lieu le sauvetage, il y élève l'appareil de sauvetage proprement dit, qui se compose d'un sac en forte toile de 16 mètres de longueur et de $0^m,50$ de diamètre, qui porte à sa partie supérieure un châssis formé de quatre fortes barres de bois servant à en tenir l'entrée ouverte; deux de ces barres sont plus longues que les autres, et peuvent se rapprocher pour le transport. La partie inférieure du sac est fermée par une coulisse, et peut s'ouvrir à volonté. Un petit cordage est fixé au châssis, Quand le pompier est arrivé à la fenêtre où le sauvetage doit avoir lieu, il attire à lui le châssis, pose les deux grandes barres en travers de l'embrasure, et les fixe en arrêtant la courroie qui y est attachée. Il introduit alors dans le sac les individus qu'il s'agit de sauver, et que l'on fait sortir en desserrant la coulisse

inférieure; le frottement qui s'exerce par le passage dans l'intérieur du sac, pourvu qu'on écarte un peu les coudes, suffit pour modérer la descente. On descend de même les objets dont le volume permet de les introduire dans le sac. Enfin, deux hommes placés sur le sol soulèvent l'extrémité inférieure du sac pour prévenir le choc auquel pourraient sans cela être exposés les individus ou les objets qui y parviennent.

INCRUSTATIONS. Une incrustation, c'est un dépôt qui en s'effectuant sur un corps se moule parfaitement sur lui et y adhère fortement. Pour que ce dépôt, cette incrustation se produise, il faut que le corps incrusté ait été en contact avec un liquide, et que ce liquide, soumis à certaines influences, ait abandonné ou laissé précipiter une substance solide qu'il tenait auparavant en dissolution.

Comme on le voit, les cas d'incrustation peuvent être très nombreux; mais nous n'allons nous arrêter qu'à ceux qui présentent le plus d'intérêt, et qui sont produits par l'eau telle que la nature nous la fournit, et qui alimente, soit les fontaines naturelles, soit les puits.

Tout le monde sait que les eaux qui alimentent les puits et les fontaines renferment plus ou moins de matières salines, dont la quantité et la nature dépendent évidemment des terrains qu'elles ont rencontrés sur leur passage, et à travers lesquels elles ont filtré. Ces matières sont, en général, du carbonate (1) et du sulfate de chaux pour la plus grande quantité, les sels correspondants de magnésie en quantité moindre, des chlorures de sodium (sel marin), de calcium et de magnésium, et du carbonate de fer. On sait aussi que les carbonates ne sont solubles dans l'eau qu'à la faveur de l'acide carbonique qu'elle renferme en plus ou moins grande quantité, suivant les conditions dans lesquelles elle se trouve. Si, par une cause quelconque, telle que l'agitation, la diminution de pression, l'élévation de température, ou même le seul contact de l'air par le passage de l'eau sur des feuilles, des plantes, du bois, cet acide carbonique se dégage, le carbonate de chaux, devenu alors insoluble, se dépose. Quant aux autres sels, les sulfates et les chlorures, il faut une évaporation prolongée pour que le dépôt se produise, car l'eau est loin d'en être saturée.

C'est par ces principes que s'expliquent très facilement les phénomènes si curieux et si intéressants des fontaines incrustantes, parmi lesquelles nous devons citer celle de Saint-Allyre, près de Clermont-Ferrand; celle de Saint-Nectaire, en Auvergne; celle de San-Felippe, en Toscane; et celle d'Orcher, près du Havre.

On a tiré parti de la propriété incrustante de ces eaux qui sont, pour ainsi dire, saturées de carbonate de chaux, pour mouler toute espèce d'objets et imiter des pétrifications. Ainsi, près de la fontaine de Saint-Allyre on incruste des grappes de raisin, des corbeilles de fleurs, des nids d'oiseaux; on fait des matrices de médailles qu'on peut ainsi reproduire en carbonate de chaux légèrement ferrugineux, tout cela pour satisfaire et amuser la curiosité des voyageurs.

La fontaine de Saint-Allyre doit surtout sa réputation à ce que l'ancienne source a formé un dépôt, qui, en se prolongeant successivement, a jeté sur le petit ruisseau où ses eaux viennent se rendre un pont naturel d'un admirable effet, et qu'on dirait construit par la main des hommes; le dépôt qui précède le pont est une muraille énorme de 80 mètres de long sur une hauteur de 6 à 7 mètres.

Les grands dépôts formés à la surface de la terre dans toute espèce de position, se nomment *tufs calcaires*, ou *travertins*, du mot italien *travertino*.

Si nous supposons à la partie supérieure d'une grotte ou caverne, des fissures par lesquelles s'infiltrent des eaux saturées de carbonate de chaux, des gouttes de cette dissolution calcaire s'attacheront à la voûte interne, l'acide carbonique se dégagera, l'eau même pourra s'évaporer, tandis que le sel de chaux restera fixé. Cette filtration se renouvelant à chaque instant finira par produire des cônes renversés, dont la base est fixée au plafond; et si enfin le poids de l'eau qui s'écoule est trop considérable, elle tombera sur le sol pour former un cône en sens inverse du premier; après quelques siècles les extrémités de ces cônes se toucheront pour former des colonnes d'une hauteur vraiment remarquable; le milieu des colonnes, le point de jonction des deux cônes présente une transparence complète; on imagine du reste facilement que la forme des dépôts ainsi produits puisse varier avec différentes circonstances, qu'au lieu de cônes il se produise des cylindres et des tubes. Quelquefois, les colonnes se liant aux *stalactites* (1) plus courtes forment des espèces de portiques par lesquels la caverne se trouve partagée en plusieurs salles. Ces dépôts donnent aux grottes des terrains calcaires un intérêt particulier qui pique singulièrement la curiosité. Elles offrent toujours un spectacle imposant, relevé souvent par tout ce que l'imagination peut y ajouter, et tout ce que la crédulité superstitieuse a suggéré aux gens du pays qui servent de conducteurs. Plusieurs grottes ont, sous ce rapport, une grande célébrité : telles sont celles d'Antiparos où Tournefort crut voir les pierres végéter à la manière des plantes; celles d'Auxelle en Franche-Comté; de Pool's-Hole en Derbyshire; de Caumont près Rouen; on voit aussi une de ces grottes à Albert (Somme).

Le carbonate de fer contenu dans les eaux à la faveur de l'acide carbonique se dépose aussi dans les tuyaux de conduite, et il y a, dit-on, engorgement total tous les quinze ans environ, pour des tuyaux de fonte, de 4 centimètres de diamètre; outre le départ de l'acide carbonique, on peut signaler à ce dépôt une autre cause, c'est une action électrique qui se développe aux points de contact des deux métaux hétérogènes, et cette hétérogénité peut très bien se présenter dans les tuyaux de fonte. Il est nécessaire d'ajouter que cette opinion n'est pas unanimement adoptée. M. Mary, ingénieur en chef du service municipal de Paris, pense que les oxydations tuberculeuses des tuyaux correspondent aux soufflures qui se trouvent dans la fonte. Il a remarqué aussi, qu'arrivés à un certain point de développement, ces tubercules n'augmentent plus. Ainsi, d'après lui, les conduites d'eau de la ville de Grenoble ne débitent pas aujourd'hui moins qu'il y a dix ans, époque à laquelle on s'est aperçu, par la diminution du débit, de la formation des tubercules, qu'on craignait de voir obstruer bientôt entièrement les tuyaux.

D'après cette opinion de M. Mary, que ses fonctions ont mis à même de vérifier souvent le fait, le développement d'électricité serait dû à l'oxydation plus active en certains endroits des tuyaux qu'en d'autres. On sait, en effet, que l'oxyde au contact du métal forme un couple galvanique. C'est une explication que nous proposons sous toutes réserves.

Divers moyens ont été indiqués pour remédier à cet inconvénient, qui peut avoir, et qui a eu, en effet, des conséquences très importantes pour la distribution de l'eau dans les villes.

Les uns sont curatifs. M. Mary pense qu'en faisant rouler une boule de fer garnie d'aspérités dans les tuyaux, partie par partie, en donnant alors à l'eau une vitesse d'écoulement plus grande que celle ordinaire, on

(1) Nous ne parlons pas des eaux minérales.

(1) On appelle *stalactites* (du grec *staladro*, tomber goutte à goutte) les dépôts qui se forment à la partie supérieure des cavités, et *stalagmites* ceux produits par les gouttes qui tombent sur le sol.

arriverait à détacher assez facilement les oxydations tuberculeuses qui n'ont qu'une très faible consistance et sont très friables.

Un autre moyen consisterait à faire passer de l'acide hydro-chlorique dans les tuyaux pour dissoudre le carbonate de fer qui se trouve dans les tubercules (1). Il est très probable que ce lavage des tuyaux conduirait au but proposé, mais l'acide attaquerait la fonte.

Les autres sont préservatifs, ils doivent autant que possible être employés de préférence. Nous allons les énumérer rapidement.

On a conseillé de verser dans l'eau, avant son introduction dans les conduites, une quantité de chaux suffisante pour saturer l'acide carbonique, faire déposer le carbonate de fer et prévenir par là la formation des tubercules. Ce moyen simple, en théorie, n'est guère praticable. En effet, il faudrait d'abord, que la quantité de chaux nécessaire pour la précipitation du carbonate de fer fût bien calculée à l'avance, car un excédant de cet alcali resterait en dissolution dans l'eau, qui, destinée à l'alimentation d'une ville, deviendrait alors impropre aux besoins domestiques à cause de sa saveur insupportable. De plus, le précipité produit dans l'eau, par l'addition de la chaux, devrait aussi être entièrement déposé avant l'introduction de l'eau dans les tuyaux, afin que cette eau ne fût pas louche ou laiteuse.

Ce moyen donc ne présente en somme aucun avantage bien marqué, et nous ne sachions qu'il ait jamais été employé; un autre moyen proposé assez récemment par M. Mary, et appliqué par lui aux tuyaux de distribution des eaux de la ville d'Amiens, nous paraît bien préférable.

Ce procédé consiste à tremper les tuyaux de fonte lorsqu'ils ont été essayés à la presse hydraulique dans un bain d'huile de lin lithargirée et de cire jaune (2), porté à la température de 100 à 150°, et à les y laisser immergés jusqu'à ce qu'ils aient acquis sa température. L'eau, dont la surface de ces tuyaux pouvait être imprégnée ainsi que celle logée dans les pores de la fonte, se vaporise nécessairement à cette température, de sorte que les corps gras pénètrent jusqu'à un certain point la substance du tuyau, et les deux surfaces se trouvent recouvertes d'un vernis gras qui ne tarde pas à sécher au contact de l'air. De cette manière la surface extérieure du tuyau est préservée de l'oxydation ordinaire, et la surface intérieure de l'oxydation tuberculaire.

Ce moyen, proposé par M. Mary, nous paraît devoir être très efficace; outre cet avantage, il a celui d'être peu coûteux; en effet, d'après l'adjudication faite à Amiens, pour l'entreprise de la distribution des eaux, le prix moyen (eu égard aux divers diamètres des tuyaux) ne s'est élevé qu'à 23 ou 24 centimes par mètre courant.

Nous avons cependant entendu exprimer la crainte que cet enduit gras ne s'oppose à la jonction bien hermétique des tuyaux, jonction qui se fait en matant du plomb. On dit que ce vernis remplissant jusqu'à un certain point les cavités que la fonte présente à sa surface, le plomb ne pourra plus alors faire, pour ainsi dire, corps avec la fonte.

L'emploi des tuyaux de verre a été aussi proposé et adopté, je le pense du moins, dans quelques villes assez rapprochées des verreries alimentaires; la nature de ces tuyaux s'oppose évidemment à la formation des tubercules ferrugineux; cette remarque peut s'appliquer aux tuyaux de grès (3), et très probablement aussi aux tuyaux Chameroy, qui, pour les grandes dimensions, présentent sur les tuyaux de fonte une économie de 30 à 40 p. 100.

Occupons-nous maintenant des dépôts et incrustations qui se forment dans les chaudières à vapeur. Nous n'avons pas besoin de rénumérer ici les divers sels calcaires ou autres existant dans les eaux; disons seulement que par l'ébullition de l'eau, l'acide carbonique se dégage et les carbonates se précipitent presque aussitôt; les autres sels ne se déposent qu'après une ébullition prolongée, car l'eau est loin d'être saturée.

Le dépôt des sels calcaires (nous disons calcaires, les sels de chaux en constituant la plus grande partie) forme, pour ainsi dire, corps avec la chaudière sur les parois de laquelle il se moule et s'incruste. Les inconvénients qu'il présente sont graves : d'abord, il empêche le passage du calorique dont il est très mauvais conducteur, de là perte notable de combustible ; de plus, les parois de la chaudière n'étant plus sans cesse humectées par le contact de l'eau, peuvent rougir assez facilement, de sorte que si une fissure s'opère dans la croûte calcaire incrustante, par le fait même de la haute chaleur, et que l'eau, à une température bien plus basse que le métal, vienne à le toucher, elle peut le faire éclater ; enfin, en rougissant, le fer des parois brûle assez rapidement.

Les morceaux de calcaires incrustés et détachés d'une chaudière se montrent formés de couches parallèles superposées, bien nettes et bien tranchées, variant d'épaisseur et souvent aussi de couleur. M. Kuhlmann, pense que la couche ne s'incruste qu'aux moments de repos, la nuit par exemple, et que pendant l'ébullition le dépôt reste en suspension.

Ce n'est pas seulement dans la chaudière même que se forment les incrustations, les tuyaux d'alimentation de la chaudière en sont quelquefois obstrués. Nous en avons vu dont le diamètre, de 3 centimètres, était réduit, pour la partie plongeant dans la chaudière, à 5 millimètres au plus après une marche de deux à trois mois. Quinze jours ou un mois de plus de marche produisaient une obstruction complète qui aurait pu être la source d'accidents plus ou moins graves. Ce fait d'incrustation dans un tuyau d'alimentation n'a rien qui doive étonner; voici comment nous l'expliquons : la portion du tuyau d'alimentation plongeant dans la chaudière participe à la température de l'eau qui s'y trouve; l'eau donc qui y séjourne, quand la pompe alimentaire ne marche pas, l'eau qui est bouillante doit laisser déposer le carbonate de chaux qu'elle renferme ; de là l'incrustation en question.

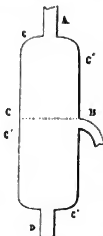
Ce n'est pas tout, ces dépôts et incrustations se forment aussi dans les condenseurs des machines à vapeur (bien entendu quand elles sont à condensation), et dans tout condenseur où de l'eau froide est en contact avec la vapeur surtout sous l'influence du vide ; et l'expérience est encore la même que tout à l'heure, avec cette différence qu'ici l'eau n'est plus bouillante, mais que le départ de l'acide carbonique est déterminé plus encore par l'aspiration de la pompe à air que par l'élévation de la température due à la condensation de la vapeur. Nous avons vu des condenseurs *littéralement* obstrués par ce fait d'incrustation, et nous relaterons en particulier ce qui s'est passé dans la raffinerie de sucre de MM. Jacquemin et compagnie, à Saint-Quentin, il y a sept ans, à peu près. Cette raffinerie possède un appareil de Pelletan, à cuire dans le vide, appareil muni d'un condenseur, mais différent par sa disposition du

(1) Je suppose, à tort ou à raison, que les tubercules ne contiennent que du fer carbonaté; du reste, s'il n'en était pas ainsi, l'acide ne ferait que peu ou pas d'effet.

(2) On pourrait peut-être, ce nous semble, remplacer la cire jaune par de l'acide stéarique.

(3) Les tuyaux de grès vernissés, et par conséquent dépourvus de porosité, pourraient être employés, au point de vue de la faible dépense qu'ils occasionnent, avec beaucoup d'avantage, car ils sont quatre fois moins chers que ceux de fonte. Les jonctions pour les conduites d'eau pourraient admettre la présence dans le lut d'un mastic bitumineux qui empêcherait toute fuite.

condenseur des machines à vapeur. Qu'on se figure un cylindre en métal CCC'C" (fig. 1309), dans la partie supérieure duquel arrive à chaque instant, par le tuyau A, une grande quantité d'eau froide élevée au moyen de pompes foulantes; vers la partie moyenne se trouve le tuyau B d'arrivée de la vapeur à condenser, et à la partie inférieure le tuyau D d'écoulement d'eau de condensation, écoulement qui s'effectue spontanément; le condenseur étant placé à 10 mètres au moins au-dessus d'un baquet qui sert de cuvette à ce véritable tube barométrique, rempli continuellement d'eau au lieu de mercure. Il arriva, quelques années après la mise en train de l'appareil, que le tuyau D s'obstrua; on ouvrit le condenseur pour trouver la cause de cette obstruction, et on trouva la partie supérieure C C C B, tapissée d'incrustations de carbonate de chaux ferrugineux, de 3 centimètres au moins d'épaisseur; quelques fragments détachés de ces incrustations étaient tombés dans le tuyau D qu'ils avaient obstrué.



1309.

Parmi les faits remarquables d'incrustation, citons-en encore un, n'ayant d'ailleurs que l'embarras du choix. Dans une des filatures de MM. Cambronne frères, à Saint-Quentin, se trouve une machine à vapeur de Cavé, à cylindre oscillant et sans condensation, de la force de 16 chevaux. Ce moteur possède deux générateurs, au milieu desquels se trouve un réservoir cylindrique, plus petit qu'un bouilleur où l'eau d'alimentation va se chauffer, avant d'être introduite dans les chaudières qu'il n'est pas convenable d'alimenter avec de l'eau froide. Ce tube, ou réservoir, remplissait son emploi depuis plusieurs années, sans avoir été nettoyé, ou du moins sensiblement, vu son petit diamètre qui ne permet pas, même à un enfant, d'y entrer, quand un matin on le trouva exactement plein de calcaire, et force fut d'arrêter la machine pour établir un nouveau mode d'alimentation, en attendant la désincrustation du réservoir en question.

Ce n'est pas tout encore pour ces incrustations, si désagréables sous tous les rapports. Les cylindres eux-mêmes des machines à vapeur en sont quelquefois garnis, et ces dépôts sont produits, soit par la vaporisation de l'eau, qui est entraînée jusque-là par la vapeur, soit par l'agglomération des poussières calcaires en suspension dans le générateur, et que la vapeur emporte avec elle. A plus forte raison, les dépôts calcaires pénétreront dans les tuyaux de chauffage, dans les conduits de vapeur de la chaudière à la machine, sous les soupapes, partout enfin où la vapeur circule, et il n'est pas rare de voir les tiroirs des boîtes de distribution encrassés de ces dépôts, et quelquefois rodés, usés par les particules calcaires les plus dures.

Comme on le voit, les inconvénients sont graves. Depuis longtemps, on a proposé divers moyens pour y remédier; d'abord on a songé à enlever ces dépôts plus ou moins souvent, suivant la richesse saline des eaux d'alimentation, et il en a déjà été question à l'article *Chaudières à vapeur*. Le plus souvent, quand on n'emploie pas de moyens préservateurs d'incrustations, on fait usage de burins, pour enlever la couche de dépôts incrustés. Mais, ce burinage attaque toujours plus ou moins le métal, il prend beaucoup de temps; il est de plus très incommode pour les ouvriers forcés d'entrer dans les chaudières encore très chaudes, et d'y travailler dans une position gênante. Quelquefois aussi, mais très rarement cependant, on attaque le dépôt calcaire par de l'acide hydro-chlorique (muriatique du commerce), qui dissout les carbonates, s'il est employé en quantité suffisante, et désagrège la croûte adhérente aux parois. Nous ne considérons pas ce moyen comme applicable avantageusement dans une usine. Il est très coûteux, assez lent, et demande des soins assidus de la part d'ouvriers non habitués aux manipulations chimiques. Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur ces moyens de nettoyer les chaudières, car il est bien plus simple, plus rationnel et plus avantageux de s'opposer à la formation des dépôts qui s'incrustent et changent, pour ainsi dire, les chaudières en carrières de pierres calcaires.

Plusieurs procédés ont été proposés pour arriver à ce but, pour rendre les incrustations nulles ou moins abondantes; nous allons les énumérer et discuter leur efficacité.

Un des plus anciens consiste à établir sur la chaudière un tube de 4 centimètres de diamètre, muni d'un robinet, jusqu'au dehors de la chambre de la chaudière. Ce tube pénètre dans le générateur et va, en se bifurquant, plonger jusque dans les bouilleurs. Lorsque le feu est arrêté, depuis une demi-heure à peu près, on ouvre le robinet du tube en question; la pression intérieure chasse avec violence au dehors toute la portion d'eau qui se trouve au bout du tuyau plongeur, et celle-ci entraîne avec elle les dépôts qui se sont rassemblés au fond des bouilleurs. En renouvelant cette opération facile une fois par semaine, on réduit de beaucoup la quantité de dépôt formé entre deux nettoyages. Ce moyen n'est pas, rigoureusement parlant, un préservatif contre les incrustations, qu'il a seulement pour but et pour effet de rendre moins fortes.

Le hasard indiqua, en 1820, à un chauffeur anglais, un moyen bien simple d'empêcher les incrustations. Après avoir vidé sa chaudière, il y avait placé, pendant qu'elle était encore bien chaude, des pommes de terre pour les faire cuire; mais il les oublia, et elles restèrent dans le générateur quand on remit en marche. Quand, après le laps de temps d'habitude, il arrêta la chaudière pour enlever le dépôt calcaire, il le trouva remplacé par un liquide très épais et boueux. Il se rappela alors les pommes de terre laissées dans l'appareil, et leur attribua ce résultat si remarquable; l'expérience qu'il répéta plusieurs fois vint confirmer son opinion. Depuis cette époque, on a employé ce procédé dans beaucoup d'usines anglaises; on met dans une chaudière, qui doit être nettoyée tous les mois, un litre de pommes de terre par force de cheval. Par l'ébullition prolongée, à une température qui varie suivant la pression, sous laquelle travaille le générateur, mais qui dépasse toujours 100 degrés, la fécule contenue dans les pommes de terre se transforme très probablement en dextrine, qui lubréfie les surfaces de la chaudière et des particules des sels calcaires devenus insolubles, empêche leur adhérence et la formation des croûtes incrustantes. Toutes les matières amylacées produiraient évidemment le même effet. Ce moyen présente un inconvénient, d'après les observations de plusieurs ingénieurs. Les matières amylacées par leur transformation en dextrine donnent à l'eau de la chaudière une certaine viscosité qui la dispose à monter dans les tuyaux de sortie de vapeur, et jusque dans les cylindres. M. Grouvelle dit avoir examiné l'eau d'une chaudière qui avait marché le temps voulu avec des pommes de terre, et avoir trouvé l'eau bien limpide et pas plus dense que l'eau distillée. Je ne pense pas que le fait remarqué par M. Grouvelle contredise l'observation ci-dessus. En effet, la dextrine formée diminue à fur et à mesure de la précipitation des matières salines dont elle lubréfie les surfaces, et doit avoir été complétement absorbée lorsqu'on vide la chaudière.

Un troisième procédé qui paraît avoir été employé en Angleterre avec quelque succès, est celui d'Antony Scott, qui consiste à placer dans l'eau du générateur un vase de bois ou d'étain suspendu, plus étroit à l'entrée qu'au fond. Une bonne partie des dépôts qui se forment dans la chaudière sont renvoyés, par l'ébullition, dans le vase, d'où on les enlève, soit en ouvrant la chaudière pour la nettoyer, soit au moyen du tube plongeur déjà décrit, que l'on fait descendre dans le fond de ce vase, pour en chasser le dépôt par la pression de la vapeur. Ce procédé ne nous semble qu'une application, pour les chaudières à vapeur, de ce qu'on fait depuis longtemps pour éviter les dépôts boueux dans les chaudières, où on concentre les eaux de lavage des plâtras dans la fabrication du salpêtre.

Pour empêcher les incrustations, on frotte quelquefois aussi l'intérieur des tubes bouilleurs et de la chaudière avec une mixtion de graisse et de mine de plomb. Ce moyen, qui a pour but d'interposer entre les parois de la chaudière et le dépôt qui se forme une matière sur laquelle il ne puisse adhérer fortement, et qui est encore une lubréfaction de surfaces, ne réussit point partout, et assez incomplétement d'ailleurs. Les différences dans les résultats obtenus proviennent, probablement, des doses différentes de plombagine, et des corps gras employés, et aussi de la manière dont la mixtion est appliquée sur les parois. La friction ne peut s'exécuter qu'avec une grande difficulté dans les tubes bouilleurs, et nécessite un chômage de deux jours, quand on n'a pas de chaudière de rechange; car il faut laisser refroidir convenablement, pour qu'un ouvrier puisse aller opérer ce travail.

On dit aussi que les matières gélatineuses préviennent assez bien les incrustations, et qu'on obtient en Angleterre des résultats satisfaisants. Ces matières doivent nécessairement agir comme les substances amylacées, toujours en lubréfiant les surfaces de contact.

Cette manière d'agir doit être aussi attribuée, à mon avis, à la couche d'huile ou de suif d'un centimètre d'épaisseur, qu'on a conseillé, assez récemment, de placer au-dessus de l'eau dans la chaudière; seulement, je ne sais pas si ce dernier moyen a produit de bons résultats; pour admettre son efficacité, il faut admettre aussi que les parties salines précipitées par le fait de l'ébullition viennent se baigner et se lubréfier dans la couche d'huile, ce qui n'est pas d'ailleurs impossible.

En 1824, M. Pelouze père conseilla de placer dans les chaudières de l'argile bien délayée. Ce moyen avait été peu connu jusqu'en 1836, lorsque M. Chaix, de l'île Maurice, vint le signaler de nouveau avec une plus grande publicité. Plusieurs expériences de ce procédé ont été faites sous les auspices de la Société d'Encouragement, à laquelle M. Payen a fait un rapport favorable pour les résultats obtenus. On l'a aussi essayé sur les paquebots à vapeur, pour empêcher l'incrustation des dépôts de sel marin, et on s'en est bien trouvé. La quantité d'argile employée doit être de 1 kil. environ, par force de cheval, avec l'eau de la mer. Elle ne conserve pas sa puissance pendant plus de 15 jours de service actif, d'après M. Grouvelle; il faut donc la renouveler fréquemment. De plus, l'argile délayée ne doit être jetée dans la chaudière qu'au moment où l'ébullition va commencer; car, sans cette précaution, elle s'attacherait au fond, et formerait une croûte pouvant quelquefois faire brûler la chaudière. Enfin, une partie de cette argile entraînée par la vapeur l'encrasse, fatigue et use les tiroirs et les pistons des machines, en se déposant aussi en quantité notable dans le tuyau conducteur de vapeur. L'argile agit comme matière préservatrice de la même manière que les matières inertes dont nous allons parler; c'est, à proprement parler, un moyen mécanique.

On a conseillé le verre pilé pour empêcher l'adhérence des dépôts, mais cette substance, en atteignant le but désiré, a le grave inconvénient d'être entraînée jusque dans les boîtes, et les cylindres qu'elle use comme si on y jetait de l'émeri.

Depuis assez longtemps, en Angleterre, on place dans les chaudières des rognures angulaires de tôle, de zinc, ou de fer-blanc, et on s'en trouve assez bien. On a été jusqu'à employer des morceaux de verre, mais comme on peut avoir besoin de faire descendre des ouvriers dans la chaudière, ou les bouilleurs, ce moyen doit être complétement prohibé; les rognures métalliques présentent un peu aussi cet inconvénient. Du reste, à mon avis, les moyens mécaniques, dont il est question, ne doivent être employés que quand les moyens chimiques présentent des inconvénients dont j'aurai occasion de parler tout à l'heure. En effet, les moyens mécaniques sont impuissants pour empêcher les incrustations, qui se forment partout ailleurs que dans la chaudière, par exemple, dans les tuyaux d'alimentation, incrustations qui ont aussi leurs dangers.

Il y a huit ans, à peu près, que MM. Néron et Kurtz vinrent annoncer un autre procédé de leur invention. C'est une simple remarque raisonnée qui les conduisit à cette découverte; et c'est encore une preuve de plus de cette vérité, que, dans les sciences d'application, on doit attacher de l'importance à la plus simple observation.

Ces messieurs avaient alors, je crois, une fabrique d'impressions et de teinture. L'usine était placée sur une petite rivière, qui recevait les eaux de décharge et où on puisait l'eau d'alimentation pour les chaudières à vapeur.

Cette eau était nécessairement colorée par des décoctions de bois de teinture, et ces messieurs remarquèrent, non sans étonnement, que leurs chaudières étaient totalement exemptes d'incrustations, tandis que celles des usines, bordant ce même cours d'eau, et surtout des usines en amont, présentaient des incrustations. Ils pensèrent alors que cet effet remarquable était dû à la matière colorante, et, pour s'en assurer, ils firent une expérience qui vint justifier pleinement leur opinion. C'est alors qu'ils prirent un brevet pour tirer parti de leur découverte, et engagèrent les propriétaires de chaudières à vapeur à souscrire pour l'usage de leur procédé.

Les moyens que MM. Néron et Kurtz indiquaient, dans le premier mémoire qu'ils adressèrent à leurs souscripteurs, étaient au nombre de deux, l'un chimique, l'autre mécanique (Je cite leurs expressions).

« Le moyen chimique consiste à introduire dans la chaudière une décoction de bois de Campêche ou de tan, en la plaçant dans un baquet où viendrait puiser la pompe alimentaire. Cette décoction doit avoir de 10 à 20 degrés de concentration, et être introduite dans la proportion de 1 litre au moins sur 1000 litres d'eau au plus.

« Le moyen mécanique consiste à garnir le fond de la chaudière de morceaux de verre de bouteille; ces morceaux, devant produire sur les parois de la chaudière un écurage continuel, rendent toute adhérence impossible. »

Ce dernier moyen, les inventeurs le recommandaient, surtout pour les chaudières alimentées par l'eau de mer, en préférant d'ailleurs aux morceaux de verre des billes produisant le même effet que le plomb de chasse dans le rinçage des bouteilles.

Depuis, et probablement pour rendre leur procédé encore plus simple et d'une application plus facile, ils conseillèrent le bois de Campêche en nature, et en firent usage en le plaçant dans la chaudière, soit en poudre, soit en copeaux et en effilures; 1 kilogramme de bois par force de cheval devant suffire pendant six

semaines ou deux mois, sans qu'on pût craindre le moindre dépôt incrustant.

Ayant assisté aux nombreuses expériences que firent MM. Néron et Kurtz à Saint-Quentin, en qualité de délégué de la Société industrielle qui existait alors dans cette ville (c'était en 1839), et ayant suivi la marche des opérations d'une manière continue, je puis en rendre un compte exact et fidèle.

Les expériences se firent chez M. Bauchart-Demarolle, membre du conseil général des manufactures, et chez MM. Lehoult et compagnie. On employa du bois de Campêche en poudre : et les chaudières ayant marché six semaines, on ne put voir sur les platines, préalablement nettoyées avec de l'acide hydrochlorique, aucune trace d'incrustation. M. Bauchart et moi descendîmes dans sa chaudière, ne voulant ne nous en rapporter qu'à nos yeux pour apprécier convenablement la partie des résultats obtenus.

Depuis lors, MM. Bauchart et Lehoult ont laissé marcher leurs chaudières pendant trois mois avec la même dose de Campêche, et, en les vidant, il y avait absence complète d'incrustation.

L'eau en s'écoulant entraîne avec elle un dépôt boueux, dont une petite quantité resterait dans la chaudière, mais sans adhérence aucune, si on ne prenait soin de promener un balai sur le fond de la chaudière et des bouilleurs, quand il s'y trouve encore un peu d'eau.

Dans la fabrique dite des Anglais, appartenant à M. Hatcoath, aussi à Saint-Quentin, le Campêche fut introduit en décoction, et on s'en est très bien trouvé; les chaudières ont pu marcher trois mois sans être vidées.

Voilà les faits tels que je les ai observés; passons maintenant à leur discussion

On a prétendu dans quelques villes, et à Saint-Quentin entre autres, que le bois de teinture, placé dans des chaudières et arrivant nécessairement dans les bouilleurs, peut s'attacher à la tôle et la faire brûler. Que cette prétention soit ou non fondée, admettons-la; car, pour faire adopter généralement en industrie un procédé, même quand son emploi doit être profitable à ceux qui s'en servent, il faut aller au-devant des appréhensions peu fondées. Aussi je pense que le bois en nature doit être laissé de côté, la décoction n'étant susceptible d'aucun inconvénient semblable dans son emploi. D'ailleurs il est bien plus rationnel, plus naturel, pour éviter les incrustations, de placer dans la chaudière un liquide qu'un solide non entièrement soluble : car, en définitive, la matière solide augmente le dépôt.

Il n'est pas nécessaire d'employer la décoction de Campêche à 10 ou 20 degrés de concentration : seulement, avec une concentration moindre, la quantité devra être proportionnellement plus grande. Je regarde comme trop forte de moitié la dose de décoction indiquée par MM. Néron et Kurtz (1 litre sur 1000 d'eau qu'on introduit dans la chaudière). Du reste, cette quantité n'est pas absolue, mais elle dépend essentiellement de la nature des eaux qui alimentent une chaudière; c'est à la personne qui fait usage du procédé à fixer la dose de décoction, d'après le temps qu'elle veut faire marcher sa chaudière sans la vider. On trouve aujourd'hui, dans le commerce à Paris, des extraits colorants très riches en matières résineuses, par cela même impropres à la teinture et à l'impression, mais qui conviennent très bien comme dés-incrustants (1). Tout manufacturier peut aussi, et très facilement, préparer chez lui, s'il y trouve un avantage pécuniaire, la décoction nécessaire. Voici la manière de faire cette décoction.

Dans un baquet, tonneau ou cuve en bois, on place le Campêche réduit en poudre ou en effilures (1), qu'on recouvre d'eau ; on fait arriver dans le liquide un jet de vapeur qui détermine l'ébullition, et on épuise le bois de sa matière colorante par plusieurs bains, si c'est nécessaire ; en un mot, on pousse jusqu'à ce que l'eau cesse d'être colorée.

La décoction obtenue, le meilleur moyen de l'introduire dans la chaudière à vapeur est de l'y faire parvenir par la pompe alimentaire, sinon toutes les fois que cette pompe marche, ce qui serait préférable, du moins par portions égales et quotidiennes. Par ce moyen, les incrustations ne pourront pas se former dans ledit tuyau d'alimentation qui donne passage à la substance préservatrice. Comme dans certaines usines on fait chauffer, au moyen de la chaleur perdue du fourneau, l'eau nécessaire à l'alimentation, ce qui est très rationnel, c'est dans cette chaudière préparatoire, quand elle existe, qu'il faut placer la décoction ou l'extrait solide qui s'y dissout alors spontanément.

Quelques blanchisseurs et apprêteurs de tissus, qui se servent souvent de la vapeur pour faire bouillir des lessives où plongent des toiles à blanchir, ou pour faire cuire de l'empois, ont trouvé que la vapeur sortait colorée d'une chaudière, quand on y avait placé du Campêche, bois ou décoction. Cela est très possible; car la vapeur entraîne assez souvent avec elle du liquide du générateur, surtout quand la chambre de vapeur de la chaudière est très restreinte. Je dois cependant ajouter que, dans l'établissement précité de M. Hatcoath à Saint Quentin, où on emploie la vapeur du générateur pour le blanchiment et l'apprêt des tulles fabriqués dans ce bel établissement, cet effet de coloration ne s'est jamais présenté pendant trois ou quatre mois, temps pendant lequel j'ai suivi les expériences.

Examinons maintenant quel est le mode d'action de la matière colorante sur les sels calcaires qui se trouvent en dissolution dans l'eau. Voici les expressions dont se servent les inventeurs à ce sujet :

« Les parcelles calcaires, en passant de l'état de dissolution à l'état solide, se trouvent enveloppées de matière colorante, qui a pour elles une certaine affinité. Cette enveloppe les empêche de se joindre et d'adhérer entre elles, ainsi qu'au fer de la chaudière. Cette espèce d'habit de la molécule calcaire est un préservatif de l'affinité d'agrégation. »

Ainsi, d'après cette explication, ce n'est qu'au moment où les parties calcaires se déposent que l'affinité de la matière colorante s'exerce pour former avec elles une espèce de *laque*.

J'ai, pour m'assurer de ce fait, expérimenté de la manière suivante. D'abord j'ai préparé une décoction de Campêche, marquant 1°,5 au pèse-sel de Beaumé ; j'en versai un décilitre dans 20 litres d'eau de puits bien calcaire; le mélange fut soumis à l'ébullition pendant un quart d'heure. Après ce temps, la couleur du liquide était un peu brune, et l'analyse nous fit reconnaître que la liqueur renfermait encore du chlorure de calcium et du sulfate de chaux, mais plus de carbonate.

L'expérience fut répétée, en triplant la dose de décoction de Campêche. Après un quart d'heure d'ébullition, le mélange était d'un rouge violet, mais renfermant toujours du sulfate de chaux et du chlorure de calcium.

J'en ai conclu que les matières colorantes n'exercent aucune action sur les sels de chaux, tant qu'ils sont en

(1) J'ai entendu parler d'extraits de Campêche, solidifiés pour cet usage, qui se vendent de 2 fr. 50 c. à 3 fr. le kil.; il en faut 1 kil. par semaine par force de 10 chevaux.

(1) Nous rappelons que 2 kilogr. suffisent, par force de cheval, pour six semaines à deux mois d'une marche continue.

dissolution; et si aucune trace de carbonate de chaux n'a été retrouvée dans le liquide, c'est que, par l'ébullition, l'acide carbonique qui le maintenait en dissolution s'était volatilisé. Ainsi l'explication des inventeurs me paraît satisfaisante.

Comme complément de leur procédé de désincrustation, MM. Néron et Kurtz, qui ont réellement étudié à fond la question (et ils avaient intérêt à le faire), conseillent quelques moyens ou précautions qui ne sont pas à dédaigner; 1° pour empêcher les incrustations qui peuvent se former dans les condenseurs (ces incrustations sont bien moins fortes et moins à redouter que dans les chaudières); 2° pour éviter l'introduction, dans la chaudière, du sable et des matières terreuses qui ne sont plus en dissolution, mais qui pourraient être en suspension dans l'eau des puits alimentant les machines.

Ces moyens, les voici : 1° placer dans la bâche ou réservoir d'eau où se fait l'aspiration du condenseur un sac contenant du Campêche en poudre ou en effilures; la température de l'eau étant basse, la dissolution de la matière colorante s'opère très lentement, de sorte que l'eau aspirée par le condenseur (ou pompe à air), en contient peu, mais assez cependant pour former *laque*, se combine avec la petite quantité de carbonate de chaux qui peut s'y précipiter. MM. Néron et Kurtz conseillent aussi de placer dans cette même bâche, des bottes de foin contenues dans un panier d'osier assez serré, pour qu'elles ne s'éparpillent pas; foin que l'eau doit traverser nécessairement, et qui forme une espèce de filtre. D'après eux, ce foin prendrait à l'eau de l'acide carbonique qu'elle tient en dissolution, et déterminerait ainsi la précipitation du carbonate de chaux. Je sais bien, comme tout le monde, que les parties vertes des plantes en végétation ont la propriété, sous l'influence de la lumière, d'absorber l'acide carbonique, mais je ne pense pas que cette explication puisse s'étendre au foin; 2° suivant ces messieurs, et ici nous sommes pleinement de leur avis, il ne faut point placer verticalement la succion de la pompe du puits, mais bien horizontalement en la garnissant d'une tête d'arrosoir qu'on fera arriver jusqu'au point supposé devoir être le niveau le plus bas dans les grandes sécheresses; alors l'aspiration (comme on dit) ne peut plus mettre en mouvement toutes les parties terreuses et graviers qui se trouvent au fond de l'eau.

Quelque temps après les applications du procédé Néron et Kurtz, suivies comme on le voit de bons résultats, M. Kuhlmann, le savant chimiste de Lille, bien connu dans le monde scientifique et industriel, vint proposer un autre moyen d'empêcher les incrustations des chaudières. Ce moyen tout à fait chimique n'est autre que celui conseillé et employé depuis longtemps, pour précipiter les sels calcaires en dissolution dans l'eau qu'on veut rendre propre au savonnage. Il présente cette particularité, qu'il détermine la précipitation des sels calcaires aussitôt l'introduction dans la chaudière. Cette précipitation immédiate a pour but, d'après M. Kuhlmann, de s'opposer à la cristallisation des sels qui ne manquerait pas de s'opérer si le dépôt se faisait lentement. Il faut remarquer que le dépôt et la cristallisation lente ne pourraient s'opérer que pour le sulfate de chaux, si l'ébullition avait lieu à l'air libre; car alors la précipitation du carbonate se fait au bout de quelques minutes : mais dans un générateur de vapeur, surtout s'il marche à haute pression, l'acide carbonique se dégage-t-il comme à l'air libre? je ne le pense pas. Ainsi, dans une chaudière à vapeur le carbonate de chaux ne se dépose que lentement, et d'autant plus que la pression est plus forte; c'est ainsi que le procédé de M. Kuhlmann atteint le but proposé.

M. Kuhlmann se sert donc de carbonates alcalins de soude ou de potasse. Voici les réactions auxquelles donnent lieu les sels de chaux ou de magnésie contenus dans l'eau : 1° Le sulfate de chaux qui s'y trouve, produit avec le carbonate alcalin une double décomposition; il y a précipitation de carbonate de chaux et de sulfate de soude ou de potasse restée en dissolution; 2° le chlorure de calcium dont la quantité dans l'eau est souvent assez notable agit aussi par double décomposition; c'est là, nous devons l'avouer, un léger inconvénient du procédé de M. Kuhlmann, en ce sens que le chlorure, corps éminemment soluble, deliquescent même, et ne pouvant jamais donner lieu à incrustation, produit avec un carbonate alcalin un dépôt dont l'effet doit être plutôt nuisible que neutre (en admettant même le dépôt comme non cristallisable ni susceptible d'adhérence); de plus, il décompose sans résultat utile une quantité proportionnelle de carbonate alcalin, ce qui est une cause de dépense; 3° enfin, le carbonate de chaux qui n'est soluble que par un excès d'acide carbonique, se dépose aussitôt que le sel alcalin a saturé ledit excès, sans que pour cela le carbonate de soude ait perdu son effet utile : en effet, le carbonate alcalin passe à l'état de sesqui-carbonate, puis de bi-carbonate, qui, par le fait de l'ébullition, perd une partie de son acide pour revenir à l'état de sesqui-carbonate, et repasser encore une fois à l'état de bi-carbonate. Et cette suite de transformations doit se reproduire indéfiniment, de sorte qu'avec une petite quantité de carbonate alcalin on peut déterminer la précipitation du carbonate de chaux dans une quantité d'eau presque indéfinie, en supposant d'ailleurs cette eau exempte de sulfate de chaux et de chlorure de calcium.

Pour des eaux de puits très riches en carbonate calcaire la quantité du preservateur d'incrustation proposé par M. Kuhlmann, est minime : savoir, 100 à 150 grammes de sel de soude, par force de cheval, et par mois de travail. Dans cette circonstance, qui est, nous le pensons, la plus générale, le procédé est bien peu coûteux, et c'est à lui qu'on doit donner la préférence. Nous nous demandons seulement s'il ne vaut pas mieux introduire le sel de soude quotidiennement et en parties égales dans la chaudière, au moyen de la pompe alimentaire, comme nous l'avons déjà dit à propos des matières colorantes pour éviter les incrustations dans le tuyau d'alimentation.

M. Kuhlmann, après avoir fait l'essai de son procédé dans ses usines, en conseilla l'application a M. Hallette, d'Arras, qui s'en trouve bien aussi. Sachant que nous nous étions occupé, à Saint-Quentin, assez sérieusement de la question des incrustations, il nous demanda de vouloir apporter de nouvelles preuves aux bons résultats déjà obtenus; nous nous rendîmes avec empressement à sa demande, et une application se fit sous notre surveillance, dans l'usine de MM. Cambronne frères, filateurs. Le succès vint confirmer nos prévisions, et nous fîmes à la Société industrielle un rapport sur ce nouveau procédé. Nous y disions, et notre opinion n'a pas varié depuis lors, que dans les conditions où se trouvaient les puits de Saint-Quentin, le procédé de M. Kuhlmann l'emportait même sur celui de MM. Néron et Kurtz, et ne pouvait en aucune manière colorer la vapeur, dont la pureté est si nécessaire aux blanchisseurs et apprêteurs de tissus.

Ce rapport ayant été publié et répété par plusieurs journaux de la capitale, M. Pâris, fabricant de cristaux, à Bercy, très désireux de se débarrasser des incrustations de ses chaudières, voulut aussi appliquer le procédé de M. Kulhmann; mais sans apporter une attention convenable aux indications et aux recommandations très précises, relatives à la nature des eaux, sans songer que la quantité de carbonate de soude, employée à Lille, à Saint-Quentin, à Arras, pouvait bien ne plus être suffisante pour produire les mêmes effets a Paris, où l'eau renferme, c'est connu de tout le monde,

une quantité notable de sulfate de chaux Il plaça donc dans une des deux chaudières de sa machine, forte de dix chevaux, chaudière préalablement bien nettoyée, 20 kilogr. de sel de soude, et mit en marche. Après douze jours de travail une fuite s'étant déclarée dans la chaudière, on arrêta, et on remarqua qu'il s'était formé dans la chaudière une incrustation aussi forte qu'à l'ordinaire (1). L'incrustation soumise à l'analyse ne fut trouvée contenir que du sulfate de chaux, plus 1 1/2 à 2 p. 100 de sulfate de soude, mais point de carbonate de chaux. L'eau du puits renfermait 1 gram. 316 de sulfate de chaux par litre, plus des quantités notables de carbonate et de chlorure de calcium. L'énorme quantité de plâtre contenu dans les eaux du puits de M. Pâris indique suffisamment qu'il ne pouvait obtenir un résultat satisfaisant avec la dose de sel de soude employé.

Eu égard à la nature des eaux du département de la Seine, et des environs, dans le voisinage des carrières à plâtre, nous pensons que le procédé de M. Kulhmann, très applicable d'ailleurs, avec succès, ne doit pas présenter les avantages incontestables signalés dans le nord de la France, et qui existeront pour tous les pays où les eaux alimentant des puits traversent seulement des terrains crayeux. Le savant chimiste de Lille le savait parfaitement bien, en conseillant le nouveau procédé, et il n'a jamais eu la prétention de lui attribuer plus de vertu qu'il n'en a réellement.

Nous pensons donc que les procédés : 1° des carbonates alcalins ; 2° des matières colorantes, ont résolu d'une manière complète et très heureuse le problème de désincrustation des chaudières à vapeur ; et il faut savoir gré à M. Kulhmann d'avoir fait à l'industrie une communication gratuite de sa découverte, qui a bien son importance.

On a parlé tout récemment de l'emploi de la sciure de bois d'acajou, comme préservateur des incrustations ; nous n'hésiterons pas un seul instant à rapporter ce moyen au procédé des matières colorantes de MM. Néron et Kurtz, procédé qui est encore ignoré de bon nombre de savants et industriels. Il serait très possible que les extraits des bois colorants agissent aussi en partie du tannin qu'ils renferment ; l'acide tannique formant un sel très insoluble avec la chaux ; du reste l'emploi du tan recommandé primitivement par MM. Néron et Kurtz vient corroborer cette prévision. Disons cependant qu'ils ont renoncé à l'emploi du tan.

Je trouve dans le *Moniteur industriel* du 21 septembre dernier l'indication de plusieurs recettes proposées par M. Watteen, de Londres, pour prévenir les incrustations, toutes calculées pour une chaudière de dix chevaux vapeur.

Le n° 1 destiné aux chaudières dans lesquelles on introduit de l'eau chargée de carbonate de chaux se compose de 1k,803 cristaux de soude, de 1k,803 cachou, de 0k,906 dextrine, 0k,453 potasse d'Amérique, de 0k,453 sucre de betterave, de 0,453 d'alun et de 0,453 de gomme arabique.

En citant le n° 1 des diverses recettes de M. Watteen je me crois dispensé de parler des autres qui ont avec leur aînée beaucoup d'analogie. Je les considère comme des *olla-podrida* des mixtions baroques de presque tous les moyens indiqués jusqu'à présent, dont la fadeur est relevée cependant par du sucre et de la gomme arabique dont tout le mérite d'invention revient sans contredit à M. Watteen.

Avant d'abandonner le sujet qui nous occupe nous demanderons s'il y a réellement impossibilté à purifier l'eau d'alimentation avant de l'introduire dans les chaudières. Les procédés qui viennent d'être indiqués sont bons, sans nul doute, mais ne peut-il pas, en industrie, se présenter des circonstances où la formation de tout dépôt serait nuisible.

Signalons superficiellement les moyens qui pourraient être employés. D'abord, le carbonate de chaux pourrait être précipité par l'ébullition chassant l'acide carbonique ; on pourrait aussi saturer l'excès de cet acide, soit par un peu de chaux, soit par du carbonate de soude ; ce moyen, même avec le dernier alcali, serait peu coûteux, car les eaux de la chaudière augmenteraient, d'après ce que nous avons dit à propos du procédé Kulhmann, en richesse alcaline, au fur et à mesure de l'alimentation, et pourraient très bien servir elles-mêmes, au bout d'un certain temps, pour saturer l'acide carbonique. Il suffirait d'avoir des cuviers où s'opérerait le dépôt du carbonate de chaux.

Comme ce procédé décompose aussi le sulfate de chaux et le chlorure de calcium en dissolution dans les eaux, il ne serait économiquement applicable que là où les eaux ne contiennent que de faibles quantités de ces deux derniers sels. C'est, en effet, le procédé Kulhmann, mais appliqué antérieurement à l'alimentation. Tout le monde sait que c'est le mode employé pour rendre les eaux calcaires propres au savonnage.

Quant à la quantité d'eau à purifier, on sait qu'un cheval de vapeur exige au plus, par heure, 6 kilogr. de vapeur, et partant, 6 kilogr. d'eau ; marchant douze heures, 720 kilogr. d'eau ; c'est-à-dire 7 hect. 2, soit avec les pertes 9 à 10 hectolitres.

Dans les usines où la vapeur sert au chauffage, on a généralement soin de recueillir attentivement toute l'eau de condensation, qui est de l'eau distillée, et cette eau sert partiellement à l'alimentation de la chaudière, si elle n'a pas, toutefois, d'emploi plus profitable.

S. Hall, célèbre constructeur de machines, en Angleterre, a proposé depuis plusieurs années un nouveau système de condensation de vapeur dans les machines, au moyen de serpentins réfrigérants, entourés d'eau, au lieu du mélange de la vapeur et de l'eau froide. Un des buts, pour ne pas dire le seul, que se proposait Hall, était d'alimenter la chaudière avec de l'eau pure. Nous ne sachions pas que son procédé ait été appliqué en France ; mais l'idée de Hall prouve qu'il attachait une grande importance à l'absence de dépôts et d'incrustations dans les chaudières.

S'il est encore aujourd'hui des industriels qui n'emploient aucun moyen préservateur d'incrustations pour leurs chaudières à vapeur, il faut qu'ils soient bien peu soucieux de leurs intérêts et bien peu curieux des progrès de la science. A. MALLET.

INCUBATION ARTIFICIELLE. Voyez RÉGULATEUR DU FEU.

INDIGO (*angl.* indigo, *all.* indig). Matière colorante bleue très solide, que l'on retire de plusieurs plantes du genre *indigofera* par le procédé suivant : on met les feuilles fraîches ou séchées dans une grande cuve dite *trempoir*, et on les recouvre de 4 à 5 centimètres d'eau. Il s'y établit bientôt une fermentation active ; la liqueur se colore en jaune, et se recouvre d'une mousse qui passe bientôt ; il s'y dissout en même temps une substance qui, au contact de l'air, s'oxyde, bleuit et se précipite. Dans cet état, elle constitue l'indigo. La liqueur qui surnage est décantée dans une autre cuve découverte, et battue avec un agitateur ; elle absorbe

(1) Comment admettre qu'avec l'emploi de 20 kilogr. de sel de soude, l'incrustation eût été aussi forte qu'à l'ordinaire, alors qu'on ne pouvait faire usage d'aucun préservateur. Nous pensons que l'anomalie pourrait être expliquée, en disant que la cristallisation du sulfate de chaux est plus rapide, dans un liquide contenant des sels facilement cristallisables, que dans l'eau. Ainsi, la croûte renfermait du sulfate de soude ; de plus, nous avons eu l'occasion de remarquer, qu'en lavant avec de l'eau d'un puits riche en plâtre des chaudières d'évaporation de muriate d'ammoniaque, le dépôt de sulfate de chaux cristallisé se faisait très rapidement. C'est une simple explication que nous proposons sous toutes réserves.

de l'oxygène, se trouble, et laisse déposer une nouvelle quantité d'indigo. On jette l'indigo sur un filtre de toile serrée; on le lave, et on le fait sécher. On ajoute souvent un peu d'eau de chaux à la liqueur chargée d'indigo, dans le double but d'accélérer sa précipitation et de rendre sa filtration plus facile.

Le *pastel* (isatis tinctoria), traité de la même manière, fournit également de l'indigo, mais en quantité beaucoup moindre.

L'indigo se trouve, dans le commerce, sous la forme de morceaux de grosseur très variable, quelquefois irréguliers, d'autres fois cubiques ou plats, dont la nuance varie du bleu-violet au bleu-noirâtre. Ces fragments sont légers, faciles à rompre; ils n'ont point de saveur, mais ils happent plus ou moins à la langue, en raison de leur sécheresse et de leur porosité; ils ont une légère odeur, qui devient plus sensible lorsqu'on les chauffe; enfin, leur cassure, de terne qu'elle est ordinairement, devient brillante et d'un rouge-cuivré, lorsqu'on la frotte avec l'ongle ou avec tout autre corps dur. Plus l'indigo est léger, et plus la couleur cuivrée qu'il prend par le frottement est brillante et prononcée, meilleure est sa qualité.

L'indigo, soumis à une forte chaleur, répand des vapeurs pourpres qui se condensent aisément en petites aiguilles brillantes, d'un aspect métallique et de couleur cuivrée : ce produit est la matière colorante pure ou *indigotine*, dont la proportion est différente dans les diverses espèces d'indigo, et qui ne forme que les 0,45 de l'*indigo flor* de Guatimala, regardé comme le plus riche de tous.

L'indigo est insoluble dans l'eau et dans l'éther ; un peu soluble dans l'alcool bouillant. Le chlore le décolore, mais il se dissout sans altération dans 8 à 10 parties d'acide sulfurique concentré, ou 2 à 5 parties d'acide sulfurique fumant. Cette dissolution est d'un bleu-noir extrêmement intense ; étendue d'eau elle est d'un beau bleu, et constitue le *bleu de Saxe* employé à la teinture des laines. On y sature ordinairement la plus grande partie de l'acide sulfurique en y ajoutant de la craie.

L'acide nitrique détruit rapidement l'indigo et le convertit en une série de produits remarquables, parmi lesquels nous citerons les acides *indigotique* et *carbazotique*.

Tous les corps doués d'une grande affinité pour l'oxygène, qui sont mis en contact à la fois avec de l'indigo et un alcali et de la chaux, s'oxydent aux dépens de l'indigo même et le changent en *indigo blanc*, réduit ou désoxygéné, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les dissolutions alcalines ; c'est à ces dissolutions alcalines d'indigo qu'on donne le nom de *cuve d'indigo* dans les ateliers de TEINTURE (voyez ce mot). Les corps qui sont le plus souvent employés pour produire, sous l'influence de l'eau, la désoxydation de l'indigo, sont le proto-sulfate de fer et la chaux, l'orpiment et la potasse, la potasse et le protoxyde d'étain. La couleur du bleu de cuve est beaucoup plus solide que celle du bleu de Saxe.

L'indigo blanc a une affinité pour l'oxygène, qui est telle, qu'on n'a pu jusqu'ici l'obtenir pur qu'à l'état solide, à cause de la difficulté d'opérer lors du contact de l'air, pour peu que la dissolution alcaline qui le renferme rencontre d'air ou d'oxygène, elle bleuit et laisse précipiter de l'indigo.

Le procédé le plus exact pour reconnaître la valeur d'un indigo du commerce, consiste à en faire dissoudre un poids donné dans 9 parties d'acide sulfurique concentré, à l'étendre d'eau, et à déterminer par expérience la quantité d'une dissolution titrée de chlorure décolorant qu'il faut y ajouter pour obtenir une décoloration complète; cette quantité sera proportionnelle à celle de la matière colorante contenue dans l'indigo essayé.

On se sert aussi quelquefois du *coloromètre* de M. Labillardière, dont l'emploi est basé sur ce que la quantité d'eau nécessaire pour amener au même degré deux dissolutions colorées, est proportionnelle à celle de la matière colorante qu'elles renferment.

INDUSTRIE FRANÇAISE. Nous empruntons à l'intéressant ouvrage de M. Schnitzler (*de la Création de la richesse*, etc.), le tableau de la valeur des produits créés par l'industrie française. Les éléments extraits des meilleurs documents et discutés avec tout le soin possible, permettent de le présenter comme offrant une approximation assez voisine de la réalité.

Valeurs créées par l'industrie (la matière brute comprise).

Industrie du fer, y compris l'extraction et la préparation des minerais ainsi que la valeur des combustibles.	fr. 194,000,000
Élaboration du cuivre, zinc et plomb.	2,000,000
Exploitation des combustibles minéraux et de la tourbe.	49,000,000
Exploitation des métaux autres que le fer, des bitumes minéraux et des sels	13,500,000
Exploitation des carrières.	40,000,000
Verreries, cristalleries, fabriques de glaces.	47,500,000
Fabrication de la porcelaine, de la faïence et de la poterie en général.	27,500,000
Tuilerie, briqueterie, fabrication de la chaux et du plâtre.	66,500,000
Fabrication de produits chimiques.	22,000,000
Industrie du chanvre et du lin.	360,000,000
Industrie du coton.	500,000,000
Industrie de la laine.	500,000,000
Industrie de la soie.	230,000,000
Industrie du cuir et des peaux.	300,000,000
Industrie du sucre.	45,000,000
Papeterie, impression sur papier.	25,000,000
Librairie, Imprimerie.	25,000,000
Construction de machines.	15,000,000
Horlogerie.	30,000,000
Fabrication des bronzes.	25,000,000
Fabrication du plaqué.	6,000,000
Orfévrerie et bijouterie.	50,000,000
Distilleries, brasseries.	206,000,000
Industries diverses.	135,000,000
Arts et métiers.	250,000,000
Total.	3,464,000,000

INULINE. Fécule que l'on retire des racines de l'*inula helenium*, du dahlia, du topinambour, et de plusieurs autres plantes de la famille des radiées. On râpe ces racines, on les lave, on les exprime, on les fait bouillir avec de l'eau, et on filtre la dissolution bouillante à travers un linge. Si elle est trouble, on la clarifie avec du blanc d'œuf; on l'évapore ensuite jusqu'à pellicule et on la laisse refroidir. L'inuline s'en dépose sous forme pulvérulente; on la recueille sur un filtre, on la lave bien et on la sèche.

L'inuline ainsi obtenue est amorphe, blanche, pulvérulente, très fine, sans saveur, inodore, d'une densité = 1, 3, ayant la même composition et à très peu près les mêmes propriétés que l'*amidon*. Elle s'en distingue surtout en ce que l'iode, au lieu de la colorer en bleu, la jaunit et la rend insoluble dans l'eau froide.

INVENTION.

1. *De l'importance de l'invention dans l'industrie.*

Un des plus grands défauts de notre système industriel, celui auquel il serait le plus utile de trouver un remède par des institutions convenables, et celui dont la démonstration serait la plus inutile aux personnes qui ont quelque peu vécu dans l'industrie, c'est que le succès et la fortune ne sont pas toujours, à beaucoup

près, la récompense de la capacité et du travail. Or, on peut affirmer, sans crainte d'erreur, que la plus noble tendance des sociétés modernes est de s'organiser en vue de récompenser le travail du plus capable, comme cela se voit dans l'armée, la magistrature, l'administration, etc., où on ne doit tenir compte pour l'avancement que des services rendus et de la capacité des individus à en rendre d'autres. C'est là une de ces idées fondamentales de notre époque d'égalité dont nos pères pouvaient chercher la démonstration, mais que notre rôle est de faire passer dans la pratique; toute institution applicable à l'industrie qui tendra au même but est donc utile et désirable, en corrigeant ou diminuant pour le moins le plus grand défaut de l'organisation actuelle.

Jetons un coup d'œil sur les causes du succès dans l'industrie. Outre la capacité et l'habileté dans la fabrication, qui seules permettent à l'industriel d'accomplir d'une manière satisfaisante sa véritable fonction sociale, on reconnaît comme généralement prédominantes : l'habileté dans les transactions; l'abondance des capitaux et l'influence du crédit; et enfin, par suite de cette dernière cause, l'exploitation des vendeurs, tant de marchandises que de salaires, qui se poussant les uns les autres, viennent par l'effet de la concurrence remplir à bas prix les magasins et les ateliers de celui qui ayant des capitaux peut attendre et offrir de l'argent comptant.

Plusieurs de ces moyens de succès qui, au point de vue individuel, ont beaucoup de valeur, en ont peu au point de vue de l'utilité de la société. Si le producteur diminue les salaires, il produira bien à meilleur marché, mais aux dépens de l'ouvrier. Si, à cause de la pénurie du vendeur, il achète la matière première à vil prix, au-dessous de ce qu'a dépensé le producteur, il gagne précisément ce que perd celui-ci; pour la société le résultat est nul. Le changement de main de la valeur n'indique pas forcément une création de richesse; ainsi l'usurier qui parvient à s'approprier la fortune d'un fils de famille n'a certes été d'aucune utilité à la société.

Sans discuter dans quelle proportion les divers travaux sont utiles à la création de la richesse sociale, nous nous contenterons de considérer, ce qui ne peut être contesté, comme éléments fondamentaux de la production industrielle, le capital combiné avec le travail et l'habileté du producteur.

Le premier devoir de la société est donc de multiplier les institutions qui permettent à la capacité industrielle de trouver le capital dont elle a besoin pour pouvoir produire. Pour cela il faut que les capitaux soient abondants afin que les détenteurs, cherchant à les placer à un modique intérêt, soient forcés de considérer comme une garantie réelle la probité et la capacité de l'industriel peu fortuné, et même de s'efforcer de le découvrir pour lui fournir les moyens de se produire. C'est par les institutions de crédit de tout genre, et surtout les banques qui augmentent beaucoup la masse du capital circulant, que la société satisfait à ce besoin.

Si nous suivons le capital dans la production, nous voyons qu'il agit en se convertissant pour la plus forte part en outils, machines, et que son rôle devient d'autant plus important que le nombre de ces outils augmente. C'est donc l'invention de ces moyens de production, le produit le plus saillant de la capacité industrielle, qui fournit le champ dans lequel s'exerce l'action du capital. Mais l'invention ne lui fournit pas seulement un moyen de placement, bien souvent aussi c'est elle qui le crée rapidement en concourant puissamment à la production de la richesse.

Considérons l'effet de l'introduction d'une machine dans une industrie, par exemple dans l'exploitation de la houille. Un puits est creusé, au haut de ce puits est un treuil (c'est déjà une machine) que fait mouvoir un homme pour amener à la surface un panier de charbon d'un poids peu considérable. Bientôt la profondeur augmente et le travail de l'homme devient presque improductif.

Mais qu'une machine à vapeur vienne remplacer l'homme, comme cela a eu lieu en Angleterre lorsqu'elle a été inventée, à l'instant sous l'effort des machines puissantes (souvent de cent à deux cents chevaux, c'est-à-dire équivalant au travail de cinq cents à mille travailleurs en un seul point) d'immenses masses de charbon sont enlevées avec une facilité extrême, l'eau qui tendait à envahir la mine est pompée et amenée à la surface : et le travail d'élévation de la houille qui correspondait à une dépense considérable, n'a plus qu'une valeur minime, ne coûtant plus qu'une faible partie du combustible extrait : le prix du charbon se trouve très réduit.

Or, le bon marché et la production abondante d'une denrée produits par la diminution du travail de l'homme remplacé par les machines et les combinaisons des forces naturelles, n'est-ce pas la le plus véritable accroissement de richesses? N'est-ce pas l'avancement général de l'espèce humaine dans la voie du bien être matériel, au moins en négligeant la question de la répartition des produits qui est d'un tout autre ordre d'idées que celles que nous traitons ici? Mais d'où provient cet important résultat? N'est-ce pas surtout de l'invention, que le capital n'a pu être appelé à réaliser qu'après qu'elle a été créée, et à laquelle il est subordonné? L'abondance d'inventions est donc encore plus désirable que l'abondance de capitaux pour la société; elle doit chercher à obtenir cette première base de la création des richesses, comme elle parvient à obtenir la seconde par les banques et les institutions de crédit. En encourageant et récompensant les inventions utiles, elle agit donc justement, et de plus utilement pour elle-même.

Revenons encore une fois sur le rôle que joue l'invention dans la création des produits, afin d'en montrer toute l'importance relativement à la création de la richesse sociale, bien distincte souvent, comme nous l'avons déjà fait voir, de la richesse individuelle, la seule dont l'industriel puisse s'occuper.

Considérons une denrée, un kilogramme de fer, par exemple, et supposons que sa production coûte 50 centimes. Qu'un marchand profitant de la gêne du producteur, de la crise momentanée qui afflige cette industrie, en acquière une grande quantité qu'il puisse vendre 40 centimes le kil. : le commerçant use dans ce cas de son droit, et nous ne blâmons nullement son opération qui évite au producteur un plus grand avilissement de ses produits; mais s'il fait un bénéfice sur cette opération, s'ensuivra-t-il que la société en fera aussi? Évidemment non, si le producteur a été obligé de vendre au-dessous de son prix de revient et si le bénéfice du consommateur correspond à la ruine du producteur.

Qu'au contraire, par quelqu'une des inventions que nous avons vu réaliser de nos jours, l'emploi du coke, des souffleries à l'air chaud, l'emploi des gaz perdus par le gueulard, etc., le producteur puisse abaisser son prix de revient, de telle sorte que le prix de vente de 40 centimes le kilogramme lui assure un bénéfice suffisant : n'y aura-t-il pas création nouvelle de richesse pour la société si la différence entre le prix ancien et le prix nouveau est capitalisée, ou jouissance correspondante à la valeur de ce capital si le prix est abaissé?

D'où provient cette création de richesse? Évidemment de l'invention et de la réalisation de l'invention à l'aide du capital.

N'ayant pas à nous occuper ici des questions relatives aux capitaux, nous dirons seulement :

Que l'invention a une influence immense sur l'abondance de la production et le bas prix des objets fabriqués, et par suite sur la richesse sociale. Car bien qu'en

économie politique, l'école ne reconnaisse comme valeur que le rapport entre l'offre et la demande; comme néanmoins le producteur ne produit qu'autant que le prix offert dépasse le prix de revient, et en quantité d'autant plus abondante que la différence est plus grande; c'est en réalité le prix de revient qui forme la base fondamentale du prix de vente.

II. *Moyen de développer l'invention.*

Les progrès de l'invention trouvent leur base la plus solide dans les découvertes scientifiques, bientôt traduites dans la pratique manufacturière et agricole. Ce sont donc d'abord les travaux de science pure qu'il faut encourager, mais il y a peu à faire dans cette direction, dans notre pays, où l'édifice scientifique porte à son sommet l'Académie des sciences et dont la base repose sur l'École Polytechnique.

Nous ne voulons parler ici que de la forme la plus habituelle que revêt l'invention dans l'industrie, la plus éloignée de la science pure, nous voulons parler de l'invention des machines; néanmoins presque tout ce que nous dirons pourra s'appliquer aussi bien aux inventions qui ont pour base les sciences physiques et chimiques, qu'à celles qui dérivent de l'application des lois de la mécanique.

Il nous faut en commençant aborder l'éternelle objection qui renaît lors de l'invention de toute nouvelle machine, d'apporter une perturbation dans le travail, et d'occasionner des souffrances souvent trop nombreuses. Faut-il pour cela renoncer à tout progrès et conclure à la proscription des machines? Et parce que la société ne sait pas remédier aux maux que produisent les nouvelles inventions, doit-elle renoncer à les faire naître?

Nous pourrions répondre à cette objection, comme on le fait habituellement, par les résultats de toutes les grandes découvertes industrielles, qui, vues à quelque distance de leur origine, ont toujours été la cause d'une immense augmentation du travail, par suite de l'accroissement de la consommation du produit fabriqué.

Rappelons un seul exemple bien concluant. L'invention d'Arkwight fournit aujourd'hui du travail en Angleterre à deux millions d'individus, au lieu de cinquante mille qui étaient occupés auparavant au travail du coton; et les produits, qui étaient alors d'environ cinq millions, dépassent actuellement neuf cent millions!

Malgré cela il n'est pas douteux que ce ne soit un devoir pour la société d'adoucir la pénible transition de l'ancien mode de fabrication au nouveau. Or, pour y parvenir, il faut, avant tout, que le gouvernement, qui peut exercer cette action sociale, connaisse les crises de cette nature, étudie leurs causes et leurs progrès; car la première condition pour guérir un mal est d'en savoir la cause.

Il en serait ainsi, si au lieu de rester étrangère au progrès industriel, l'administration était en mesure de l'activer et de le développer; c'est cette position que lui donneraient les institutions que nous demandons, en même temps que les profits résultant de l'invention fourniraient une partie des moyens nécessaires pour soulager les souffrances transitoires que causerait son adoption.

La société s'en remet, et l'expérience paraît indiquer que c'est avec raison, à la concurrence, au désir de la fortune, du soin d'exciter les inventeurs et de multiplier les projets. Elle assure à leurs auteurs le bénéfice des résultats de leurs travaux, au moyen du privilége des brevets d'invention. Cette organisation est-elle suffisante? La réponse est facile à faire, en étudiant ce qui se passe dans l'industrie.

Une observation attentive fait bientôt reconnaître le peu de cas que font généralement les industriels des inventions et des nouveaux procédés comme moyen de succès, et combien ils préfèrent les autres moyens dont nous avons parlé. Il est presque admis que c'est folie de chercher la fortune par l'expérimentation d'une découverte, quelque séduisante qu'elle soit en apparence. N'est-ce pas là une cause suffisante d'avortement pour bien des projets utiles? N'est-ce pas là une chose honteuse pour la société, qui devrait au contraire être toujours prête à les récompenser?

D'où peut naître cette opinion? Sans doute en partie du grand nombre d'idées fausses ne pouvant conduire à aucun résultat utile, qui se montrent souvent; cependant ces idées fausses, en appelant à son aide la science et l'expérience, on peut presque toujours les écarter. Mais n'est-ce pas bien plutôt parce qu'on voit trop fréquemment les auteurs des plus belles inventions se ruiner, faute d'avoir pu atteindre un heureux résultat avant d'avoir épuisé leurs ressources?

On peut dire que généralement les inventeurs se ruinent à exécuter leur invention, et à reconstruire les machines qui, débarrassées des défauts que conservent encore les premières construites, n'atteignent souvent pas la perfection avant que les fonds soient épuisés. Quelquefois celui qui reprend cette machine déjà arrivée à un assez grand degré de perfection peut, en l'achevant, y trouver la fortune; quant à l'inventeur, il n'y arrive, pour ainsi dire, jamais. Dans quelques cas exceptionnels bien rares, après de longs travaux, il parvient au bout de son œuvre; alors souvent encore des contrefacteurs, éludant adroitement les spécifications de son brevet, viennent profiter des bénéfices de son invention avec d'autant plus de facilité, que celle-ci ne leur ayant rien coûté, ils font au véritable inventeur une concurrence désastreuse.

Tel est le tableau bien affaibli des principaux accidents de la vie de l'inventeur. Au reste, qu'on se rappelle que Watt, après avoir inventé la machine à vapeur, était ruiné, que son brevet était près d'expirer sans qu'il eût tiré aucun résultat de la plus admirable découverte industrielle des temps modernes, quand il rencontra Bolton. Mais, nous dira-t-on, par cette association il vit la fortune, juste récompense de ses travaux, sourire enfin à ses efforts, et il put passer ses dernières années dans la richesse, à jouir de l'immense développement industriel qu'il avait tant contribué à créer.

Mais si Watt eût été en France, eût-il trouvé un Bolton? La chose est loin d'être certaine.

Il faut bien le répéter ici, comme on devrait peut-être le faire pour bien d'autres cas. Ce qui se passe en Angleterre est rarement ce qui se passe en France, et la raison en est simple. L'Angleterre, avec son sol inamovible, ses substitutions qui conservent d'immenses fortunes dans les mêmes mains, l'exemple d'immenses fortunes créées par l'industrie, a toujours disponibles des masses immenses de capitaux, cherchant des placements avantageux et ne s'effrayant même pas des plus aventurés. Aussi peut-on se fier en Angleterre à l'industrie privée du soin de développer toutes les inventions profitables, et voit-on aujourd'hui tous les inventeurs du monde entier, y compris les Français, y courir pour chercher à réaliser les inventions pour lesquelles leur pays ne leur offre pas d'appui, et contribuer à y faire prospérer une industrie aristocratique, quand, par d'heureuses institutions, on en eût profité pour développer notre industrie française organisée démocratiquement.

En France, les conditions sont bien différentes. Avec la division du sol, le partage égal des patrimoines, les grandes fortunes sont rares, et les placements des capitaux plus avantageux, sans qu'il y ait autant de risques à courir. En un mot, nous sommes une démocratie et non une aristocratie; et si pour celle-ci le meilleur gouvernement est celui qui laisse le plus faire,

chez nous, au contraire, il faut nécessairement qu'il fasse beaucoup, et notamment, qu'il crée autour de lui les institutions capables de suppléer aux avantages spéciaux que peuvent présenter d'autres formes de gouvernement. C'est ainsi qu'en France l'administration doit intervenir dans l'exécution des grands travaux d'utilité publique, encourager puissamment la construction des canaux, chemins de fer, abandonnés de l'autre côté de la Manche aux grandes compagnies industrielles.

Que faut-il donc faire, puisque les moyens employés sont insuffisants? Faut-il que la société récompense directement l'inventeur, afin de faire jouir tous les citoyens de la nouvelle découverte? Déjà l'assemblée constituante avait voulu que l'État devînt acquéreur de toutes les nouvelles inventions utiles; mais si cela ne peut avoir lieu pour tous les cas, au moins nous espérons fermement voir, pour la gloire de notre époque, se multiplier les récompenses nationales pour les grandes découvertes dont l'exploitation ne saurait être profitable.

Si dans la plupart des cas c'est par un privilége, un brevet (d'une valeur plus réelle que ceux garantis par la législation actuelle) que la société récompense le service qui lui est rendu, nous demanderons que, dans l'intérêt général, cette institution soit complétée. En effet, ce privilége, sans sanction aucune, qui s'accorde à quiconque peut payer la taxe, n'est d'aucune utilité à l'inventeur pour exécuter sa découverte et faire jouir la société des avantages qui pourraient en résulter. C'est pourquoi nous réclamons une institution qui fournisse à l'inventeur capable les moyens d'exécution, quand il ne les possède pas, et l'affranchisse des chances d'une ruine, qui ne doit jamais être la récompense de celui qui a découvert à la société une nouvelle source de richesses. De la sorte, dans cette direction encore, le mérite seul suffirait.

Mais, de plus, pour prix de l'aide que le gouvernement offrirait, ainsi que nous allons le dire, à l'inventeur qui le réclamerait, pour réaliser sa conception, il nous paraîtrait juste qu'il se réservât une partie des bénéfices que pourrait fournir son exploitation, produits qui, se proportionnant à son importance industrielle, et par suite à la perturbation qu'elle pourrait causer dans la classe ouvrière, seraient affectés à soulager les souffrances qui en pourraient résulter.

L'importance et l'utilité d'une pareille institution ne sont pas douteuses; disons quelques mots de la manière dont nous comprenons qu'elle doit fonctionner.

III. *Jury d'examen.*

La première chose à faire serait d'apprécier l'invention qu'il s'agirait de réaliser, pour ne pas dépenser inutilement les sommes disponibles sur des inventions inutiles. Or, nous soutenons et croyons que tous les gens instruits seront de notre avis, qu'un premier examen fait par des hommes compétents élaguerait facilement toute la masse d'inventions oiseuses qui se pressent dans les listes des brevets d'invention. La science industrielle a fait des progrès admirables depuis quelques années, et chaque jour elle assujettit à des règles mathématiques et certaines les portions du travail industriel qui paraissaient ne pouvoir jamais s'y plier. Or, qu'est-ce que la science, sinon la connaissance des lois physiques, et, par suite, de l'effet de combinaisons nouvelles non encore expérimentées? Qu'un jury préparatoire renferme dans son sein des hommes comme M. Poncelet, croit-on qu'un nouveau moteur hydraulique dénué de sens pourra recevoir son approbation? Croit-on qu'un nouveau procédé de teinture que M. Chevreul croira bon d'expérimenter sera sans valeur? Qu'aux savants qui ont créé et admirablement développé la science industrielle, on adjoigne d'anciens fabricants qui, après une laborieuse carrière, auront tant de plaisir à s'intéresser aux travaux de leurs successeurs, et à voir réaliser des inventions dont ils ont senti l'avantage, et qui ont souvent passé devant leurs yeux sans que le torrent des affaires leur ait permis de s'y arrêter; et nous sommes convaincu qu'un jury ainsi composé pourra, dans les inventions qui lui seront soumises, déterminer :

Celles qui devront avoir des résultats utiles et importans pour la société, et qui répondent à un besoin réel de l'industrie à laquelle elles ont rapport;

Celles dont l'expérimentation serait curieuse et utile (après qu'un mémoire étudié avec soin aura bien déterminé la question, et que des dessins bien établis auront permis d'étudier les dimensions de toutes les pièces), au double point de vue de l'industrie et de la science, lorsque celle-ci n'est pas assez avancée pour prévoir le résultat avec quelque certitude;

Enfin, mettre de côté tous les projets reposant sur des erreurs, comme aussi ceux simplement curieux, ou n'ayant pour objet que des perfectionnements de peu d'importance, et réduire à un nombre fort modéré d'inventions très probablement utiles, la masse totale des brevets

Ce jugement de la science et de l'expérience, que nous demandons ici, n'est que l'application à l'industrie d'institutions qui existent déjà dans tous les corps savants, le génie, les ponts et chaussées, où l'on a reconnu l'avantage de faire revoir par un comité composé de toutes les sommités du corps, tous les projets formulés par les ingénieurs, avant de passer à la construction.

Remarquons que, dans le cas qui nous occupe, les erreurs de ce jury, si par hasard il refusait son approbation à quelque invention utile (ce qui, à cause des lumières des personnes qui le composent, ne pourrait être que fort rare), n'atteindraient nullement les droits de l'inventeur, toujours réservés par un brevet qui lui assurerait les bénéfices résultant de son exploitation, au moyen des mêmes ressources dont il disposerait aujourd'hui.

Quant aux inventions que ce jury approuverait, et qui seront bien loin d'être en nombre infini, nous le répétons : ou la science les aura jugées bonnes *à priori*, et alors l'effet en sera certain: ou elle n'a pu se prononcer d'une manière positive et n'a pu que promettre un succès possible, et alors l'expérimentation sera d'autant plus précieuse que, ne s'attachant qu'à la partie douteuse du problème, elle tendra à fournir un nouvel élément à la science, et, par suite, devenir la source de nouveaux progrès. Au contraire aujourd'hui, un essai infructueux, fait à la dérobée par un inventeur et entièrement ignoré, n'empêche pas souvent un successeur de venir tenter le même essai. Les résultats précieux que la science eût pu tirer de ces travaux sont habituellement perdus.

Peut-être devrions-nous borner à la création d'un pareil jury l'institution nouvelle que nous demandons, bien persuadé que les capitaux viendraient en foule audevant des projets qui auraient reçu son approbation; mais ce serait mettre la science trop près de l'agiotage, et beaucoup de savants fuiraient des fonctions chargées d'une trop grande responsabilité morale. Il nous paraît possible d'ailleurs de compléter cette création d'une manière plus heureuse, et qui permettrait d'atteindre plus efficacement les résultats qu'on en peut espérer.

IV. *Expérimentation.*

Il faudrait, pour y parvenir, que le jury pût disposer de sommes de quelque importance pour faire les frais du brevet aux inventeurs peu fortunés, dont le travail serait approuvé; et surtout pour accélérer le passage de l'état de projet à l'état pratique de toutes les inven-

tions utiles. Ne pourrait il rendre d'immenses services en affectant à l'occasion un crédit spécial chez un habile mécanicien, à l'inventeur d'une machine qui n'a pas assez de ressources pour l'exécuter? N'assurerait-il pas ainsi la mise au jour d'une foule de combinaisons utiles, et cette large expérimentation, exécutée sous les yeux de personnes capables, ne viendrait-elle pas jeter de grandes lumières sur toutes les parties insuffisantes de la science et fournir une base de plus en plus large à de plus fréquentes inventions.

Mais de plus, ceci pourrait avoir lieu d'une manière peu coûteuse. Si, comme il est probable, une grande partie des inventions reconnues bonnes à expérimenter par le jury réussissent, et si l'encouragement pécuniaire qu'il donne à leur réalisation, n'est considéré que comme une avance de fonds remboursable avec bénéfice par l'inventeur, en cas de succès, cette source de revenus pourrait peut-être suffire aux dépenses; il est d'autant plus juste qu'il en soit ainsi, que le succès sera dû bien souvent en partie aux conseils et aux avis des membres du jury, dont l'expérience évitera à l'inventeur de faire fausse route, comme cela aurait pu lui arriver, s'il eût été livré à ses seules lumières.

A défaut de l'administration dont on pourrait à juste titre redouter l'esprit peu entreprenant, et pour rentrer dans la voie d'encouragement qui paraît être le véritable moyen d'intervention de l'État pour agir sur les progrès industriels, il faudrait par des subventions sérieuses chercher à faire naître des compagnies qui se proposassent de remplir cette tâche. Combinée avec une garantie plus complète de la propriété industrielle, une semblable mesure viendrait accélérer puissamment le progrès industriel, car les compagnies qu'il s'agirait de créer naissent déjà en Angleterre par les seuls efforts de la spéculation privée.

L'aide de l'État serait surtout efficace, s'il faisait aider les inventeurs par l'expérimentation dans les établissements des Gobelins, de Sèvres, d'Indret, etc., réunis par un lien commun bien puissant : celui d'être le grand champ d'exploration industrielle dans l'intérêt général.

Nous ne parlerons pas de l'émulation que ferait naître entre les travailleurs un pareil système; nous nous contenterons de rappeler les merveilleuses inventions qu'ont excitées quelques concours ouverts par l'administration; celui du papier timbré, par exemple.

Nous ne savons si le lecteur partagera nos idées, mais il nous paraît qu'il y a dans la voie que nous indiquons un important progrès à réaliser. Il nous a paru fort inutile de donner aucun détail d'organisation, car l'exécution serait facile si l'idée était jugée bonne. L'École des Mines, qui forme pour l'industrie métallurgique une institution fondée pour atteindre en partie le but assigné, dans une voie spéciale, pourrait servir de modèle. Tous les terrains métallifères qu'on veut mettre en exploitation sont analysés dans son laboratoire; les ingénieurs rapportent chaque année de leurs tournées les résultats des nouveaux procédés pour l'expérimentation desquels leur capacité les fait rechercher: dans chaque cas nouveau qui se présente, le concessionnaire d'une mine vient y apprendre ce qu'il peut espérer de son exploitation, quels procédés il doit employer. Croit-on qu'un semblable établissement ne soit pas un bienfait pour l'industrie métallurgique? Qu'on consulte les exploitants à cet égard, et nous ne craignons pas de dire que leur éloge sera unanime.

Nous dirons seulement qu'il nous paraîtrait désirable de créer, près du jury, au Conservatoire des arts et métiers par exemple, un atelier de construction, dans lequel on réunirait un choix d'ouvriers mécaniciens et de contre-maîtres expérimentés, qu'on chargerait de l'exécution des machines-modèles qui resteraient dans les galeries du Conservatoire. Ne serait-ce pas une belle institution que celle qui, hiérarchisant une classe importante d'ouvriers, leur ferait entrevoir, à la fin de leur carrière, pour récompense de leur bonne conduite et de leur habileté, une position paisible dans un atelier modèle, sur lequel l'attention publique serait toujours fixée. De plus, ces ouvriers habiles, exercés à toutes les difficultés de la mécanique, ne pourraient-ils par leur réunion faciliter singulièrement les essais dont ils seraient chargés?

En faisant travailler avec ces ouvriers de choix, et sous leur direction, un assez grand nombre de jeunes gens qui profiteraient des bons exemples et apprendraient les meilleures méthodes de travail, ne pourrait-on créer une pépinière d'habiles ouvriers, qui iraient ensuite répandre dans les ateliers toutes les bonnes traditions.

Résumé. Terminons en récapitulant les diverses propositions que nous avons cherché à indiquer :

1° Dans l'industrie, le succès n'est pas toujours la récompense de la capacité; la société doit tendre à ce que la fortune soit toujours le prix du mérite.

2° La capacité industrielle se traduit, le plus souvent, en invention de nouveaux procédés et de nouvelles machines qui, très utiles à la société, causent souvent la ruine de l'inventeur, ce qui est souverainement injuste.

3° La société retire un grand bénéfice des inventions nouvelles, elle doit donc les encourager, et faire en sorte qu'elles ne demeurent pas inutiles.

4° Il est possible de juger, *à priori*, les inventions qui doivent offrir des résultats avantageux, et par suite, celles dont la société doit assurer la réalisation.

5° On peut facilement atteindre ce résultat dans l'intérêt commun des inventeurs et de la société, en faisant l'avance aux inventeurs des fonds nécessaires ou en leur fournissant les moyens d'exécution.

6° Le gouvernement se rembourserait de cette avance par une part de la propriété de l'invention. Les sommes qui en proviendraient seraient affectées, tant à l'exécution de nouvelles inventions, qu'à adoucir les souffrances que pourraient endurer les ouvriers momentanément déclassés par le nouveau procédé.

7° Il serait possible de réunir les moyens d'expérimentation dans un atelier pouvant former à la fois une école d'arts mécaniques et une retraite pour les bons et habiles ouvriers mécaniciens. CH. LABOULAYE.

IODE (*angl.* iodine, *all.* iod). L'iode, découvert en 1813 par M. Courtois, est un corps simple, solide, que l'on obtient sous la forme de lames rhomboédriques d'un gris d'acier, dont la densité $= 4,946$. Il est friable, d'une saveur âcre, fusible à 100° et volatil à 175°. Sa vapeur, dont la densité est de 8,716, est d'un violet magnifique. Appliqué sur la peau, il y forme une tache jaune qui disparaît au bout de quelque temps. L'eau en dissout environ 1/700e en se colorant fortement en jaune; il est au contraire très soluble dans l'alcool, et, lorsqu'on étend d'eau cette dissolution, l'iode se précipite sous forme d'une poudre très divisée. Mis en digestion avec de l'ammoniaque, puis étendu d'eau, il donne naissance à un composé pulvérulent très fulminant, l'iodure d'azote, dont le maniement est extrêmement dangereux.

L'iode, et quelques-unes de ses combinaisons, surtout l'iodure de potassium iodurê, sont employés avec succès dans le traitement des maladies scrofuleuses et des goitres. La propriété qu'il possède de colorer l'amidon en bleu très intense, le rend très précieux pour reconnaître les traces de cette substance.

On extrait l'iode des eaux-mères des soudes de varech, qui le renferment à l'état d'iodure de potassium, en les chauffant dans une cornue avec de l'acide sulfurique concentré, seul, ou mieux mélangé d'un peu de peroxyde de manganèse. L'iodure de potassium est décomposé, il se forme du sulfate de potasse et du pro-

toxyde de manganèse, et l'iode mis en liberté se volatilise et vient se condenser dans le col de la cornue. On le sèche en le comprimant entre des feuilles de papier buvard, et on le purifie par sublimation.

L'iode a la plus grande analogie avec le chlore et le brôme. Il forme avec l'oxygène plusieurs combinaisons acides que l'on ne peut obtenir que par des moyens indirects. Il a une beaucoup plus grande affinité pour l'hydrogène, avec lequel il forme l'*acide* HYDRIODIQUE. Il s'unit avec les autres corps simples pour former des *iodures*.

IRIDIUM. Métal découvert en 1803, par Descotils, dans les minerais de platine, et qui doit son nom à ce que les sels offrent des dissolutions très variées. C'est peut-être le plus réfractaire de tous les métaux ; il ne donne pas le plus léger indice de fusion à la température à laquelle le platine fond complétement. Cependant, Children est parvenu à le fondre à l'aide d'une décharge de sa batterie électrique. Il a obtenu un globule brillant d'une densité = 18,68. Ordinairement, on l'obtient à l'état d'une poudre grise, semblable à la mousse du platine, et dont la densité = 15,683. Lorsqu'il a été calciné, il est insoluble même dans l'eau régale, mais celle-ci l'attaque avec facilité et le dissont, lorsqu'il est allié à une certaine proportion de platine. Il forme avec l'oxygène quatre oxydes, que l'on obtient en décomposant les chlorures correspondants par un alcali. Nous indiquerons sa préparation en parlant du platine.

IRRIGATIONS. Voyez CANAL.

IVOIRE (*angl.* ivory, *all.* elfenbein). Substance blanche, dure, de la même nature que les os, et qui constitue les *défenses* d'éléphant. Plus dur et d'un grain plus serré que l'os, dont on le distingue aisément par le tissu formé de losanges que présente sa coupe transversale, l'ivoire est susceptible de recevoir le plus beau poli, et se rapproche, par la facilité et la netteté de ses coupes, des métaux les plus ductiles ; aussi les arts mécaniques, et surtout celui du tourneur, emploient cette substance à la confection de pièces d'une délicatesse et d'un fini réellement extraordinaires. On fait à Dieppe un commerce très étendu d'objets en ivoire, travaillés avec beaucoup de soin et d'habileté.

L'ivoire qui provient des éléphants d'Afrique est préférable à celui des éléphants de l'Inde ; il est plus dur, d'un grain plus serré, et les défenses sont plus grosses ; il n'est pas rare d'en trouver de 2m à 2m,25 de longueur et de 0m,15 à 0m,20 de diamètre à la base. Les dents d'hippopotame fournissent une sorte particulière d'ivoire qui surpasse en finesse et en dureté celui qui provient des défenses d'éléphant ; mais comme ces dents sont fort creuses, on ne peut l'employer que pour de petits objets ; les dentistes l'emploient presque exclusivement à la confection des dents artificielles. Les défenses du morse et celles du narwal fournissent aussi une espèce d'ivoire.

On emploie l'ivoire en feuilles minces pour la peinture à l'aquarelle et pour la marqueterie ; dernièrement on est parvenu, au moyen d'une scie cylindrique, à obtenir des manchons d'ivoire qui, fendus sur leur longueur et étendus à la manière du verre à vitre, donnent des feuilles de 0m,30 à 0m,40 de largeur, qu'on emploie au placage des meubles de grandes dimensions, tels que les caisses de piano, etc.

L'ivoire se ternit assez rapidement au contact de l'air et de la poussière, en prenant une couleur jaunâtre. M. Spengler a remarqué qu'il suffisait de l'enfermer sous une cloche ou une cage de verre hermétiquement close pour l'empêcher de jaunir. Les objets ainsi conservés acquièrent même une blancheur plus grande que celle qu'ils avaient primitivement, lorsqu'ils sont exposés aux rayons du soleil. Il a été conduit par cette observation à un procédé fort simple pour blanchir l'ivoire jauni. Il assure qu'il suffit pour cela de le brosser avec de la pierre ponce calcinée et délayée avec de l'eau, puis de renfermer les pièces encore humides sous une cloche en verre, que l'on expose journellement aux rayons du soleil.

On teint aisément l'ivoire en différentes couleurs, mais pour que la teinture soit solide, il faut laisser tremper, pendant 6 à 8 heures, dans du vinaigre, ou mieux dans une dissolution d'alun, les pièces que l'on veut colorer. On les teindra alors en beau rouge, en les plongeant dans une décoction de bois de Brésil ; en jaune, avec une décoction aluuée de safran ou d'épine-vinette ; en vert, avec un mélange de 3 parties de vert-de-gris et de 1 p. de sel ammoniac dissous dans du vinaigre ; en un beau bleu, en les plongeant à plusieurs reprises alternativement dans le bain de vert qui précède et dans une lessive chaude de potasse ; enfin le noir s'obtient au moyen d'un bain dans une décoction chaude de bois d'Inde, puis dans une dissolution d'acétate de fer.

Nous rapporterons ici une de ces nombreuses et curieuses découvertes de feu M. d'Arcet, notre savant collaborateur, dont les arts et l'industrie déplorent la perte récente.

M. d'Arcet, en traitant l'ivoire par l'acide hydrochlorique étendu d'eau, obtint de la gélatine brute ; il soumit ensuite cette gélatine brute à l'action d'une dissolution de tan : elle devint alors parfaitement infusible et inaltérable par l'air et par l'eau, et en la veinant au moyen d'une dissolution d'or et d'argent, il obtint un produit tout-à-fait semblable à l'écaille rouge, si chère aujourd'hui, et si recherchée pour les beaux ouvrages de tableterie.

La gélatine ainsi préparée peut se travailler et se souder comme l'écaille. Au moyen de quelques précautions, on peut réduire en gélatine des objets d'ivoire préalablement façonnés, sans qu'ils se déforment, puis les tanner et leur donner l'apparence de l'écaille, de manière à produire une illusion complète.

En calcinant au rouge, en vases clos, des râpures et rognures d'ivoire, on obtient un charbon d'une belle couleur noire qui, broyé à l'eau, est employé en peinture sous le nom de *noir d'ivoire*.

J

JACQUART (*métier à la*). Voyez TISSAGE.

JAIS ou JAYET. Variété de LIGNITE jouissant d'un éclat très vif, et autrefois très employé pour la confection de parures de deuil, etc. La mode est actuellement passée, et les fabriques qui l'exploitaient sont presque entièrement tombées.

JAUGEAGE. Voyez HYDRAULIQUE.

JAUNE. Voyez COULEURS.

JAUNE MINÉRAL ou JAUNE DE NAPLES. Belle couleur très solide, employée non seulement dans la peinture à l'huile, mais encore dans la peinture sur porcelaine et sur émail. Sa préparation a été longtemps

tenue secrète, et encore actuellement, peu de recettes publiées donnent de bons résultats. L'une des meilleures, dit-on, consiste à mélanger intimement 3 parties d'antimoine métallique avec 2 p. de minium et 1 p. d'oxyde de zinc, à fondre le tout ensemble, puis à réduire la masse fondue en poudre très fine.

JETS D'EAU. Voyez HYDRAULIQUE.

K

KALEIDOSCOPE. Cet instrument, qui est fort ancien, car il parait avoir été inventé par Porta, et est décrit dans son livre de la *Magie naturelle*, publié en 1565, nous a été en dernier lieu rapporté d'Angleterre, où il a été perfectionné par le docteur Brewster. On sait que cet instrument se compose essentiellement de miroirs inclinés qui reproduisent et multiplient l'image de l'objet placé en avant, de manière à former des rosaces. La multiplication des objets est en raison de l'angle des miroirs ; ainsi pour avoir 5, 6, 10 images du même objet, il faudra donner à l'angle des miroirs 1/5, 1/6, 1/10 des circonférences, mais que le rapport s'exprime toujours par un nombre entier, autrement les images se superposeraient et deviendraient confuses. En remuant l'instrument les petits objets placés à l'extrémité, entre deux verres, se remuent et le dessin change.

Il paraîtrait que cet instrument, qui fournit ainsi une infinité de dessins analogues à ceux convenables à l'impression des étoffes, devrait être fréquemment employé par les dessinateurs ; quelques-uns l'emploient en effet, mais la nécessité où l'on est de dessiner d'après l'image comme d'après un tableau et l'inconvénient de placer à chaque instant son œil à l'oculaire du tube, ont fait sinon renoncer entièrement, du moins beaucoup restreindre son emploi.

M. Rouget de Lisle a cherché à rendre plus commode l'emploi de cet instrument; il a adapté au kaléidoscope ordinaire une lampe à réflecteur qui éclaire l'image, et, au moyen d'une chambre noire, il transporte l'image sur une glace dépolie, où il est facile d'en décalquer, sur un papier transparent, et les couleurs et les contours ; de plus, M. Rouget de Lisle a perfectionné le kaléidoscope en disposant les miroirs de manière à avoir des images de rosaces plus ou moins grandes, des images en ligne droite ou *bordures* plus visibles et des images en *coin* : le *coin* s'obtient en plaçant les miroirs à angle droit.

Jusqu'à présent, par le kaléidoscope, on n'obtenait que la rosace en plaçant les deux miroirs sous un angle aign, et la bordure en rendant les miroirs parallèles entre eux.

La fig. 1310 représente une élévation latérale de l'instrument.

Fig. 1311. Coupe verticale du mécanisme intérieur.

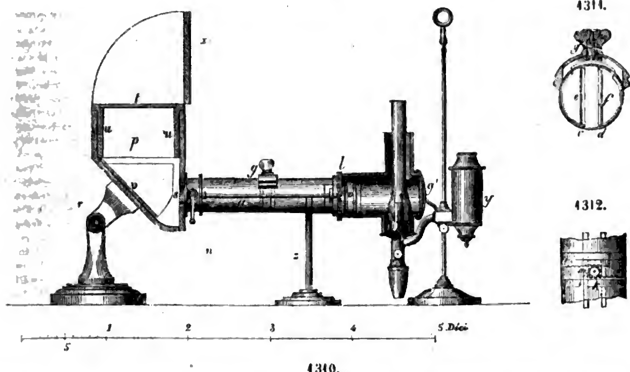
Fig. 1312. Section horizontale du même mécanisme.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans ces trois figures.

a, kaléidoscope de 20 centimètres de longueur sur 4 1/2 centimètres de diamètre.

i, *k*, portions de cercle dentées et fixées à charnière en *c*, *d* sur l'arête des miroirs *e*, *f*, fig. 1311.

g, bouton emmanché sur l'arbre *h* servant à faire mouvoir en sens contraire les deux portions de cercle *i*, *k*, fig. 1312, par l'intermédiaire du pignon *m*.



1310.

1311.

1312.

l, cercle denté mû par le pignon *b*, lorsqu'on tourne la manivelle *n* afin de faire varier les éléments colorés du dessin, lesquels sont placés dans la boîte catoptrique *o*.

p, chambre obscure montée sur un socle en bois recevant deux tiroirs *q*, *q* : elle est mobile à volonté autour du bouton à oreilles *r*.

s, objectif achromatique dont le foyer se trouve sur

une glace transparente ou dépolie *t* placée horizontalement dans un châssis à coulisse *u*.

v, glace étamée, ou mieux, prisme plan convexe, destiné à réfléchir les images ou dessins sur la glace horizontale *t*.

x, écran en bois formant le couvercle de la chambre obscure et dressé pour intercepter les rayons lumineux qui ne partent pas du kaléidoscope; un bouton à vis fixe la position du châssis *u* et celle de la glace *v* qui reçoit l'image réfléchie.

y, lampe à double courant d'air avec un réflecteur *y'*: elle est disposée pour éclairer les éléments du dessin, c'est-à-dire pour que les images soient vues plus nettes et plus vives.

z, support à coulisse destiné à soutenir le kaléidoscope lorsque celui-ci est fixé sur la chambre obscure.

Fonctions de l'appareil. Après avoir placé toutes les pièces de l'instrument, on met au foyer en élevant le châssis à coulisse *u*. Lorsque l'image est au point, c'est-à-dire lorsqu'elle est nette et vive, on arrête le châssis au moyen d'un bouton à vis, afin de prévenir tout dérangement; ensuite on recouvre la glace polie d'une feuille de papier transparent, verni et quadrillé, sur laquelle on imite toutes les couleurs de l'image produite, à la façon des dessinateurs metteurs en carte.

Toutefois on peut enlever la glace polie et la remplacer par une glace dépolie sur laquelle les images se peignent avec une grande netteté; alors on copie l'image sur une feuille de papier ordinaire ou quadrillé, et on lui donne du premier coup les formes et les dimensions voulues.

Pour avoir une image circulaire, il faut incliner les miroirs en tournant le bouton *g*, fig. 1311, de gauche à droite, lorsque les miroirs sont parallèles. Si l'on veut, au contraire, former une bordure ou un dessin continu et rectangulaire, on dispose les miroirs parallèlement l'un à l'autre, comme on le voit fig. 1311, en tournant de droite à gauche lorsque les miroirs sont inclinés.

Enfin, si l'on place dans la boîte catoptrique *o* un dessin rectangulaire et transparent de manière à former avec la glace *e* ou *f* un angle de 45°, on obtient, par réflection, une image formant un coin ou triangle rectangle.

Observations. Au besoin, la chambre obscure *p*, seule pourrait servir à réduire et à simplifier des dessins placés verticalement à une distance voulue et éclairés directement ou par transparence à l'aide d'une lampe munie d'un réflecteur concave. Dans ce cas, on supprime le verre dépoli qui ferme la boîte catoptrique ainsi que les éléments colorés et les dessins eux-mêmes servant d'éléments.

On peut former des images multipliées au moyen des dessins eux-mêmes en se servant du kaléidoscope.

KAOLIN. Voyez ARGILE.

KERMÈS (*angl.* kermes-grains, *all.* kermes kœrner). On désigne sous ce nom les corps desséchés des femelles du genre *coccus ilicis*, insecte qui croît sur les feuilles du *quercus ilex*, et qui fournit une matière colorante rouge. Le kermès était déjà connu en Orient du temps de Moïse, et on l'emploie dans l'Inde, depuis l'antiquité la plus reculée, dans la teinture des soies; il était également connu des Grecs et des Romains, et Pline rapporte que les habitants de la péninsule ibérique payaient aux Romains la moitié de leur tribut en kermès. Actuellement le principal centre de production de kermès est le département des Bouches-du-Rhône.

Du 9e au 14e siècle, les paysans étaient obligés, dans beaucoup de parties de l'Allemagne, de livrer chaque année aux couvents une certaine quantité de kermès plus foncé et plus gros que le précédent; c'était le *coccus polonicus*, qui s'attache surtout aux racines du *scleranthus perennis*, de la potentille, de la tormentille et de la pimpinelle. Ce kermès était principalement expédié à Venise, où il alimentait les teintureries d'écarlate. Actuellement on n'en récolte plus guère que dans les plaines sableuses de la Pologne et de l'Ukraine.

On trouve en Sibérie, sur les racines de fraisier, une variété particulière, le *coccus fragariæ*.

Enfin, dans le sud de la Russie, on trouve le *coccus ura ursi*, qui est presque deux fois aussi gros que le *coccus polonicus*, et qui, avec l'alun, donne une belle couleur rouge.

Le kermès ordinaire se présente sous la forme de grains ronds légers, de 2 à 3 millim. de diamètre, d'un rouge-brun, ayant une saveur piquante et une odeur qui n'est pas désagréable. La matière colorante qu'il renferme est soluble dans l'eau et l'alcool; les acides la rendent brunâtre, et les alcalis la font tourner au violet ou au rouge carmin. Avec les dissolutions de fer, elle donne sur la laine une couleur noire, du rouge de sang avec l'alun, du gris vif avec un mélange de sulfate de fer et de crème de tartre, de vert-olive avec un mélange de sulfate de cuivre et de crème de tartre, du brun de cannelle très vif avec un mélange de sel d'étain et de crème de tartre, et du violet avec un mélange de sulfate de zinc et de crème de tartre. Les couleurs d'écarlate et de cramoisi obtenues avec le kermès sont très solides.

Les bonnets rouges, importés en si grande quantité de France en Turquie, sont généralement teints avec un mélange à parties égales de garance et de kermès.

Depuis la découverte de l'Amérique, le kermès a été presque entièrement remplacé dans la teinture par la COCHENILLE, qui fournit une couleur plus riche.

KERMÈS MINÉRAL. Sulfure d'antimoine préparé artificiellement, en dissolvant du sulfure d'antimoine natif dans une dissolution bouillante de carbonate de potasse filtrant à chaud. Par le refroidissement, le kermès se dépose sous la forme d'une poudre d'un brun-rouge employée en médecine.

KIRCHWASSER. Liqueur spiritueuse d'un goût très agréable, dû à une faible quantité d'acide hydrocyanique ou acide prussique, et que l'on prépare dans la Forêt-Noire, ainsi qu'il suit : on choisit les merises les plus pures et les plus saines; on en enlève les queues; on les écrase sur une corbeille d'osier, et on en reçoit le jus dans un cuvier; on pèse le marc, on en pile le quart seulement que l'on mêle avec le jus, et l'on abandonne le tout à la fermentation, à une température de 15 à 30°, en ayant soin de couvrir imparfaitement le cuvier. Quand la fermentation est achevée, on tire la liqueur au clair, et on la distille comme à l'ordinaire.

KOUMISS. Liqueur que les Kalmoucks préparent en faisant fermenter du lait de jument, et qui, soumise à la distillation, donne une liqueur spiritueuse d'une odeur désagréable à laquelle ils donnent le nom de *rack*.

L

LABDANUM. Le *labdanum*, ou *ladanum*, est une résine onctueuse d'une odeur agréable qui se trouve sur les feuilles et les branches du *cystus creticus*, plante qui croît dans l'île de Candie et dans la Syrie. Naturellement c'est une substance molle et d'une couleur brune foncée; mais elle devient dure quand on la conserve; sa densité = 1,1006; elle a un goût amer. On s'en sert principalement en médecine pour faire des emplâtres.

LACET (*machine à faire le*). Voyez CORDONNET.

ACIDE LACTIQUE. Cet acide, découvert par Schéele dans le petit lait, et retrouvé depuis dans beaucoup d'autres substances fermentées, se prépare ordinairement, en réduisant le petit lait à 1/8 de son volume, filtrant, ajoutant de la chaux, filtrant de nouveau, faisant cristalliser le lactate de chaux, le purifiant par cristallisation, et enfin le décomposant par l'acide oxalique et filtrant.

Pur et concentré dans le vide, l'acide lactique constitue un liquide incolore et sirupeux, renfermant deux équivalents d'eau, et dont la composition est représentée par la formule $C^6 H^8 O^4 + 2 H^2 O$.

L'acide lactique forme, avec les bases, des sels qui portent le nom de *lactates*; le seul de ces sels qui ait quelque importance au point de vue qui nous occupe, est le *lactate de fer*, très employé en médecine contre les pâles couleurs, etc., et qui se prépare en grand par double décomposition, au moyen du lactate de chaux et du sulfate de fer.

LACTOMÈTRE. Voyez LAIT.

LAINES (FABRICATION DES ÉTOFFES DE). — *Des laines, de leurs caractères et de leur emploi.* La laine est une des matières textiles qui présente au plus haut degré les propriétés les plus recherchées dans la confection des tissus : sa finesse, sa douceur, sa résistance si puissamment développée par sa propriété feutrante, son affinité pour les couleurs, sa faible conductibilité de la chaleur, et ses propriétés évaporatoires et hygrométriques, concourent à donner aux étoffes qu'elle produit la légèreté, la souplesse, la richesse des nuances et les qualités hygiéniques si nécessaires aux vêtements, tentures et tapis.

Ces caractères qui sont plus ou moins développés suivant les nombreuses variétés de laines qu'on rencontre, ont permis à l'industrie de modifier les propriétés des tissus qu'elle sert à fabriquer, de manière à les rendre d'un usage convenable à tous les climats, en utilisant une matière première que presque tous fournissent, et qui a dû dès les temps les plus reculés offrir aux peuples pasteurs les ressources qu'en retire l'agriculture moderne. On peut donc considérer l'industrie des laines comme une des plus anciennes et des plus universelles.

La recherche de son origine nous conduirait nécessairement à répéter ce que la plupart des auteurs, sur la matière, ont déjà dit, et à prouver que les livres les plus anciens qui nous soient parvenus mentionnent les tissus de laine.

Nous nous bornerons à citer les lois du Manou, qu'on considère comme antérieures à la *Bible*, et dans lesquelles il est question d'étoffes de laines et de draps en poils de chèvre (1); mais rien ne nous apprend si ces étoffes de laines étaient feutrées et foulées ; tout fait présumer le contraire; le foulage diminuant la souplesse des tissus en augmentant leur propriété conservatrice de la chaleur, a, par cette raison, dû être évité par la plupart des peuples de l'Orient.

(1) 120 versets, V^e livre des lois du Manou, traduites du sanscrit par M. Munk.

Mais quoique l'application de la propriété feutrante de la laine, qui lui donne un caractère si tranché parmi les matières textiles, paraisse plus récente et être due aux peuples du Nord, on n'est pas plus fixé sur le temps, les lieux et les circonstances qui lui ont donné naissance, qu'on ne l'est sur l'origine de la plupart des industries en général. Pline parle cependant du foulage et le fait remonter à une haute antiquité.

Ce qu'il y a de remarquable et ce qui doit d'ailleurs être encore une preuve de l'ancienneté de la fabrication des étoffes de laine drapées, c'est que les premières traces que nous pouvons découvrir des procédés employés, nous montrent que l'on se servait alors de tous ceux pratiqués encore aujourd'hui.

Les statuts, ordonnances, lettres, patentes, sur la draperie et la foulonnerie, remontant au douzième siècle, de précieux vitraux de couleur que les églises d'Elbeuf doivent aux premières corporations des drapperies; des échantillons d'étoffes de la même époque que nous avons pu examiner nous ont confirmé ce fait, et prouvent que non seulement tous nos procédés d'aujourd'hui étaient en usage, mais qu'on les appliquait déjà avec beaucoup d'habileté.

Le progrès moderne se borne donc exclusivement à l'amélioration et au perfectionnement des machines qui ont contribué à fabriquer plus vite, plus régulièrement et plus facilement.

Mais cette amélioration due à l'introduction des machines, qui remonte à peine à un demi-siècle, paraît déjà être arrivée à sa limite, si nous en jugeons par les nombreuses et vaines tentatives faites journellement dans la même direction sans pouvoir sortir des errements connus ; aussi pensons-nous que la loi du progrès doit désormais recevoir son accomplissement par une autre voie.

Nous espérons éclairer et justifier ces idées par les observations que nous aurons à présenter dans la suite de cet article.

Production de la laine. On sait que la laine employée par l'industrie est une matière cornée, sécrétée, à travers une quantité innombrable de pores ou de filières, de formes plus ou moins régulières dont l'épiderme du mouton est parsemé, que cette substance flexible et cassante se prolonge à l'extérieur de la peau par des développements qui partent de la base et vont se dessécher en s'accumulant au sommet, qu'elle a une constitution et des fonctions analogues à celles des cheveux, poils, plumes, etc.

Elle est le plus précieux rapport du mouton vivant, dont on la récolte annuellement dans la saison chaude (courant de juin) (1), on la désigne alors sous le nom de *laine en toison*, pour la distinguer de celle provenant des animaux morts à la boucherie, ou par suite de maladie, que l'on connaît indifféremment sous le nom d'*écouilles, pelures*, ou pelades ; cette dernière dénomination est plus spécialement usitée dans le Midi pour les laines de Provence.

Les laines de bêtes mortes à la boucherie sont moins estimées que celles de toison, et plus que celles prove-

(1) Dans certains pays la tonte a lieu deux fois par an, au printemps et en automne.

nant d'animaux qui ont péri par maladie ; à la cause d'infériorité naturelle vient quelquefois s'ajouter celle du mode de dépouillement qui consiste à enlever la laine par une eau de chaux qui l'énerve encore.

On distingue aussi la *mère-laine* de la *laine d'agneaux*, cette dernière, moins mûre et plus tendre, ne convient qu'à certaines spécialités, à celles qui ont besoin d'un foulage prompt et qui demandent peu d'apprêts.

La laine telle que la fournit le mouton est enduite d'une quantité plus ou moins considérable de matière nommée *suin* ou *surge*, sécrétée par le mouton, elle adhère d'une manière si intime aux brins qu'ils ne peuvent en être complétement débarrassés que par un dégraissage chimique qu'on doit lui faire subir avant sa mise en œuvre, jusque-là la laine conserve le nom de *laine en suin* ou *surge*. Nous traitons dans un autre article du *désuintage* (voyez BLANCHIMENT).

Les caractères, la quantité et les qualités de laine fournis par les animaux diffèrent considérablement suivant la race des moutons, les climats, la nourriture, les soins, l'état hygiénique, les années et les parties du corps de l'animal.

La quantité ou poids de la toison fournie par chaque animal, varie de 1 kilogr. 1/2 jusqu'à 8 kilogr.

La longueur naturelle des filaments contournés ou non, tels que les produit le mouton, est comprise moyennement entre 0^m,08 et 0^m,30.

La finesse du diamètre du brin présente des différences de 27 à 18 millièmes de millimètre environ, c'est-à-dire qu'une surface d'un millimètre de diamètre pourrait contenir de 37 à 50 filaments.

A ces variations, il faut ajouter celle de la forme qui diffère d'une manière sensible de celle des cheveux, poils, etc., auxquels nous avons assimilé cette matière, qui, au lieu de présenter des brins d'une longueur développée, à surface lisse comme eux, présente, au contraire, des filaments plus ou moins *ondulés* ou *frisés*, et hérissés de petits crochets recourbés en dehors sur toute sa longueur comme s'ils étaient formés d'une série de petits dés à coudre microscopiques emboîtés les uns dans les autres et allant en s'amincissant de la racine à la pointe.

L'illustre Monge attribua, le premier, la propriété feutrante, que la laine possède presque exclusivement à un degré si développé, à la présence de ces espèces de petites dents de scies qui facilitent l'accrochage et l'enchevêtrement des brins les uns aux autres d'une manière intime.

Mais le foulage complet sur tous les sens ne pourrait avoir lieu si les filaments, outre les caractères que nous venons d'indiquer, n'étaient en même temps éminemment élastiques comme le sont surtout les laines fines dont les brins ont le plus d'ondulations, ce qui les rend d'autant plus propres à la belle draperie foulée, car ces frisures peuvent se comparer, pour la forme, et jusqu'à un certain point pour les fonctions, aux hélices des ressorts métalliques.

Les filaments doués de ces ondulations peuvent, comme eux, être comprimés sous une certaine pression sans rien perdre de leur élasticité naturelle.

C'est cette propriété réunie à celle qu'ont les filaments de s'entrelacer et de pouvoir s'accrocher pendant qu'ils sont comprimés sur leur longueur et leur grosseur, qui détermine le foulage dans tous les sens. Sans la réunion de ces trois caractères, l'élasticité due à la forme, la présence des petites aspérités de la surface du brin, et sa propriété de pouvoir se ramollir et être comprimé sous certaines conditions, comme les matières cornées en général, le foulage ne pourrait s'opérer régulièrement. La laine longue en offre une preuve ; son peu de disposition au feutrage provient sans doute de l'absence de l'une des conditions, de celle des ondulations qui forment ressort dans les laines fines spécialement employées pour les étoffes foulées (1).

Rapport entre les différents caractères de la laine. Il existe une corrélation assez régulière entre la longueur, la grosseur, les ondulations, la douceur, la flexibilité, et la quantité de *suin* de la laine.

On a remarqué que la finesse était généralement en raison inverse de la longueur, et directement proportionnelle au nombre des frisures, et par conséquent à l'élasticité, que le nombre de courbes qui constituent le frisé ou l'ondulé était variable avec l'unité de longueur, qu'il était d'autant plus régulier que la laine était plus fine. Nous avons constaté avec MM. Girod (de l'Ain) et Perrault de Jotemps, qui se sont occupés avec tant de zèle et de connaissance de ces intéressantes questions, que le nombre des petites spires qui composent le frisé, varie dans une longueur de 0^m,27, de 8 à 36 et même au-delà, que cette variation reste circonscrite de 28 à 38 pour les plus belles laines.

Qu'à nombre égal dans une longueur de brin donnée, celui-là sera le plus fin dont les ondulations seront plus petites, plus verticales, et suivront une ligne plus directe.

Il serait difficile de bien déterminer ces différents caractères, si on ne débarrassait, au préalable, la laine de l'énorme quantité de corps étrangers qui la recouvrent, ce qui a lieu par le *désuintage*.

Cette opération se fait tantôt, et le plus ordinairement, par partie, en baignant le mouton avant la tonte, dans une rivière ou un étang, dans lesquels on le savonne ; on dit alors que la laine a été *lavée à dos*, tantôt ce lavage se fait à chaud. par le marchand de laine, après la tonte, c'est ce qu'on nomme le *lavage marchand* : tantôt enfin l'opération du désuintage se fait une fois seulement et à fond par le fabricant, avant la mise en œuvre de la laine, c'est alors aussi que nous la décrirons.

Nous nous bornerons à constater maintenant les limites dans lesquelles varient les quantités de *suin*, et à dire qu'elle est en général proportionnelle à la finesse.

Les laines les plus fines, telles que les laines d'Allemagne dites de *Saxe-Électorale*, en contiennent jusqu'à 80 p. 100 de leur poids ; les laines les plus communes en contiennent rarement moins de 20 p. 100 ; nos belles laines de la Brie en sont chargées de 60 à 75 p. 100.

Comme le fabricant n'achète jamais sa laine entièrement désuintée, il est important pour lui de pouvoir estimer approximativement, au moins, la quantité de corps étrangers dont elle peut être chargée, et le déchet qu'elle devra éprouver.

L'expérience acquise par un grand nombre d'observations, peut seule initier à cette connaissance et à celle nécessaire pour distinguer tous les caractères qu'il est important d'apprécier dans cette matière première.

Mais si l'expérience est indispensable pour acquérir ces connaissances délicates, il existe cependant des caractères très tranchés pour les laines, qui sont beaucoup plus faciles à constater et dont il est indispensable de dire quelques mots.

Emploi des laines suivant leurs caractères. L'industrie a d'abord classé toutes les laines, sous le point de vue des produits qu'elle en tire, en deux grandes catégories, en *laines courtes* et en *laines longues*.

Les premières comprennent les laines plus ou moins ondulées ou frisées, des plus fines aux plus communes, et dont la longueur des brins ne dépasse généralement pas 0^m,12.

Ces laines qui, par leur nature, sont plus propres

(1) Nous discuterons plus en détail cette question du foulage dans notre ouvrage spécial sur le travail des matières textiles ; nous donnerons alors l'opinion de M. Jobard, qui attribue le phénomène exclusivement à la propriété de la matière cornée.

aux étoffes foulées, sont, par conséquent, dès leurs premières préparations, travaillées de manière à les prédisposer à cet effet, et à faciliter leur adhérence qui sera un maxima lorsque les brins s'engrèneront de façon que les pointes et les racines se rencontreront dans des directions opposées.

Le travail des cardes étant le plus propre à produire cet effet, c'est à ces machines que ces laines doivent, par conséquent, être préparées, ce qui les fait désigner sous le nom de *laines à cardes*.

On classe dans les laines longues celles dont la longueur est comprise entre 0m,12 et 0m25, et même 0m,30.

On recherche ici les qualités opposées à celles dont doivent être douées les précédentes, il faut donc que les filaments soient aussi droits que possible et que l'on fasse disparaître complétement les propriétés feutrantes en les redressant parallèlement entre eux.

Le travail du peigne, si propre à produire ce résultat, a fait donner aux laines qui subissent son opération le nom de *laines à peigne*.

La spécialité des laines cardées comprend au premier rang, par son importance, toutes les espèces d'étoffes de laine plus ou moins feutrées ou foulées pour vêtements, depuis la draperie la plus légère et la plus élégante, jusqu'à la plus corsée et la plus chaude; depuis les plus riches et les plus brillantes étoffes de fantaisie, jusqu'aux draps pilote et à la couverture du forçat : elle s'étend aux tissus pour ameublements; du modeste tapis de pied, produit exclusivement par les propriétés feutrantes de la laine, aux magnifiques tapis en fils de laine non feutrée, qui rivalisent avec la peinture monumentale.

Le travail des laines peignées produit toutes les variétés d'étoffes rases et moelleuses, telles que *mérinos, flanelles, mousselines-laines, stoffs, serges, satins de laines, châles*, etc.

La matière première entre moyennement pour moitié dans le poids des draperies, et pour un quart à un tiers dans les étoffes rases; ces chiffres démontrent de quelle importance doit être l'assortiment convenable des laines, suivant l'espèce d'étoffes à produire.

La science rendrait un service signalé à l'industrie si elle parvenait à établir une classification rationnelle des laines, basée exclusivement sur leur provenance, les races qui les ont fournies, et sur leurs nombreux caractères plus exactement définis; une grande partie des progrès à attendre désormais dans l'industrie du lainage, est subordonnée, à notre avis, à la conquête de ces connaissances.

En attendant cette amélioration, nous adoptons la classification commerciale qui nous paraît la plus simple et la plus logique. Nous ne saurions mieux faire que d'emprunter celle présentée par M. A. Pommier, dans un intéressant travail sur les laines, envisagées sous leurs différents points de vue pratiques. Il considère que :

Toutes les laines peuvent être rangées en trois grandes classes, savoir : les *laines communes*, les *laines métis* et les *laines mérinos*.

Des laines communes. Ce sont les moins ondulées et frisées; leur caractère est plus habituellement lisse ou crépu. Les plus fines d'entre elles sont aussi les plus ondulées et les plus courtes. Leurs longueurs réelles varient entre 0m,08 et 0m,12. Leur caractère le plus distinctif est leur susceptibilité d'extension. De toutes les races communes, ce sont celles qui portent cette espèce de laine qui sont les plus faciles à améliorer au moyen d'étalons mérinos.

Les laines communes les plus plates ou lisses, sont en général très grossières et peu susceptibles d'être employées au cardage et au foulage; mais comme elles sont assez unies et douces, elles conviennent au peigne. Leur longueur varie de 0m,018 à 0m,27. Les laines de Rio de la Plata présentent cette longueur, et sont de toutes les plus grossières; elles sont employées à faire des chaussons. Les laines plates et lisses les plus courtes sont celles de *Souabe*. Il en existe qui n'ont que 0m,08 de longueur. En France, la *Normandie*, la *Picardie*, la *Lorraine*, le *Berry* et le *Roussillon* fournissent les laines communes; ces dernières provinces procurent les meilleures.

La *jarre*, qui n'est point proprement une laine, mais une espèce de poil sans élasticité, qui se termine en pointe, et dont la laine doit être débarrassée, se mêle le plus fréquemment aux laines communes.

Des laines métis. Le classement des laines métis, en ne comprenant même sous ce titre que les laines provenant de croisement entre des béliers mérinos et des brebis de race commune, serait évidemment impossible, attendu leurs innombrables variétés, dont la plupart se confondent avec les laines mérinos. Ce qui va être dit de ces dernières leur sera donc applicable, sauf quelques exceptions de métisage non réussi, qu'il sera facile de reconnaître à l'inégalité de finesse et à l'irrégularité de crue.

Des laines mérinos. Les laines mérinos peuvent être divisées en quatre classes, ainsi qu'il suit :

1re Classe. — Laines de haute finesse.
2e Classe. — Laines de belle finesse.
3e Classe. — Laines de finesse médiocre.
4e Classe. — Laines de finesse inférieure.

Les finesses que l'on peut attribuer à chacune de ces classes sont les suivantes :

1re Classe, de 1/60e à 1/40e de millim.
2e Classe, de 1/40e à 1/35e de millim.
3e Classe, de 1/35e à 1/30e de millim.
4e Classe, de 1/30e à 1/25e de millim.

La longueur moyenne des laines de la première classe, dans leur état naturel et non redressées, paraît être environ de 0m,054; c'est celle qui a les ondulations les plus régulières, variant de 28 à 38 par 0m,027 de longueur, ou d'une ondulation à une 1/2 par millimètre.

La deuxième classe présente des brins d'à peu près la même longueur, mais les ondulations varient de 24 à 27 par 0m,027.

Les ondulations de la troisième classe sont de 16 à 23, et sont bien moins régulières dans leur forme; la longueur naturelle du brin varie de 0m,054 à 0m,10, et leur longueur réelle de 0m,108 à 0m,122.

La longueur de la quatrième classe est la même, et les ondulations sont de 15 environ par 0m,027.

Si l'on réfléchit à tout ce que de semblables observations peuvent présenter de délicat, en l'absence de tout instrument applicable avec exactitude à la détermination des diamètres des brins de laine, on comprendra que ces classifications ne doivent être considérées que comme des approximations.

Presque toutes les localités de France fournissent des laines plus ou moins fines. De nombreuses tentatives ont été faites depuis bien longtemps pour améliorer les qualités de nos laines, et augmenter le revenu qu'elles offrent à l'agriculture.

On a remarqué, en comparant le mouton domestique au mouton qu'on trouve encore à l'état sauvage dans les montagnes de la Sardaigne, de la Grèce, de l'Asie mineure et de la Barbarie, que l'éducation avait une très favorable influence sur la laine de l'animal, qui, à l'état sauvage, ressemble plutôt à des poils grossiers qu'à de la laine. L'amélioration est plus prompte et plus sensible pour la laine du mâle que de la femelle.

Le produit d'une brebis à grosse laine et d'un bélier à laine fine, ne donne pas une qualité qui tienne le milieu des deux, mais une qualité qui approche moitié plus de celle de la laine du père ou de celle de la mère. En opérant un nouveau croisement avec une femelle,

produite par le premier avec un mâle de la même race que la première fois, on obtient une nouvelle amélioration de moitié, c'est-à-dire une laine de 3/4 plus fine que celle de l'aïeule.

En procédant d'une manière inverse, la laine se détériorerait aussi rapidement. Il faut donc avoir soin dans les troupeaux à ce que les béliers, surtout, portent la laine que l'on a en vue de produire.

On a remarqué aussi que les moutons fournissant la laine à peigne, viennent convenablement dans des terrains un peu humides et peuvent supporter un climat brumeux, tandis que les terrains secs et même légèrement pierreux, sont essentiels aux petits moutons fournissant généralement les laines à cardes.

C'est guidé par ces observations qu'on a cherché à perfectionner constamment la laine, en croisant nos troupeaux indigènes avec des béliers étrangers produisant les laines les plus estimées.

La première tentative heureuse date du règne de Louis XVI, qui confia au naturaliste Daubenton la direction de 200 brebis et béliers de race pure, provenant de Léon et Ségovie; cette première tentative fut bientôt suivie d'une nouvelle acquisition de 367 moutons de la même race, qui formèrent la souche des troupeaux de Rambouillet. Plus tard, en 1797, la France, par le traité de Bâle, obtint de nouveau de l'Espagne 5,500 brebis et béliers, choisis dans les plus beaux troupeaux de la Castille, qui servirent à former six établissements nouveaux sur le modèle de Rambouillet.

Tous les gouvernements continuèrent dès lors à propager l'amélioration des races, et furent activement secondés par quelques célèbres industriels, au premier rang desquels nous devons citer l'honorable Ternaux, dont tout le monde connaît les services rendus à l'industrie des laines et du cachemire.

Malgré tous ces efforts, et quoique nous produisions presque toutes les qualités de laine, nous sommes loin encore de pouvoir nous suffire à nous-mêmes. Sur les 250 millions de francs de laines environ qui se fabriquent en France maintenant, il nous en vient pour 35 à 45 millions des différentes contrées étrangères.

L'Allemagne expédie surtout une grande partie de laine de première finesse, dite laine de *Saxe-Électorale*, employée à la plus belle draperie.

L'Espagne, qui, il y a un demi-siècle à peine avait encore presque tout le monopole des laines fines employées pour notre belle draperie, ne nous fournit plus aujourd'hui que des laines pour la draperie commune et pour le peigne.

Les importations de la Russie prennent tous les jours plus d'extension, depuis que la draperie de fantaisie, dite *nouveauté*, a pris du développement; cet article n'étant que légèrement foulé emploie avantageusement les laines tendres que produit plus spécialement ce pays.

L'Afrique, les *Échelles du Levant*, *Buénos-Ayres*, importent des laines généralement communes, employées pour matelas, lisières, bonneteries et grosses étoffes.

L'industrie des laines, chez nous, n'a aucune rivale à l'étranger sous le rapport du progrès, pas même en Angleterre, où nos fils fins en laine peignée peuvent se placer avec avantage.

Il n'en est pas de même pour la fabrication ordinaire et commune, mais cela tient certainement à la différence des éléments de production, dont une partie pourrait être améliorée en modifiant certains articles de la loi des douanes, dont la discussion paraît épuisée, et la modification est réclamée en faveur du pays en général par les hommes les plus compétents et les plus désintéressés dans la question.

Les principaux centres qui emploient les laines en France sont par ordre de quantités.

Reims et ses environs pour les laines peignées;

Elbeuf, où se fabriquent toutes les espèces de draperies, depuis les plus communes jusqu'aux plus fines;

Sédan et son arrondissement pour la draperie et les nouveautés. Cette localité est encore le principal point pour les beaux draps noirs; c'est elle qui a donné naissance aux plus beaux articles de nouveautés en laine cardée.

Louviers, qui s'est livré plus spécialement aux qualités fines et à la filature des laines d'Elbeuf;

Dans le midi, Carcassonne, Lavlanet, Mazamet, Castres, Lodève, Bédarieux, Saint-Pont, Saint-Chignan, Saint-Calombe, Clermont, Lodève, etc.

Ces dernières localités produisent de la draperie commune, des draps de troupes, et pour l'exportation des échelles du Levant.

Dans le centre, Châteauroux fait les mêmes articles; une seule maison très importante fait des draps plus chers et pour la fourniture des officiers.

Limoges produit une quantité assez considérable d'étoffes généralement rayées, à très bas prix, non foulées, tirées à poil et tissées avec chaînes en fils de coton retors et trames en laine.

Aubusson fabrique presque exclusivement les tapis produits avec des laines communes, doublées et tordues après le filage.

Il en est de même de Beauvais.

Il existe encore quelques autres points moins importants.

Vienne, Mouye, Nancy, Metz et Orléans pour la draperie commune et la couverture; Paris et quelques localités du Nord pour les laines peignées et les couvertures.

Quoiqu'il y ait peu de différence dans le mode de travailler la même spécialité dans les différentes localités françaises et étrangères, il existe cependant quelques modifications pour certaines opérations principales, que nous aurons soin d'indiquer lorsque nous nous occuperons de chacune d'elles.

Pour mieux faire comprendre les opérations successives auxquelles on soumet les laines dans les deux grandes spécialités qui constituent leur travail, nous croyons devoir procéder par la nomenclature de ces opérations et le but qu'elles se proposent, en les réunissant suivant l'ordre de leur exécution dans chaque spécialité, et en commençant par la description de l'industrie la plus simple, celle des laines peignées.

Travail des laines peignées. Ce travail comprend les opérations, 1° du *désuintage*, du dégraissage qui ont pour but de débarrasser la matière aussi complètement que possible de son suin, et des corps étrangers que ses filaments pourraient retenir.

2° Du *battage* pour les séparer des corps durs, de la poussière, et pour rendre l'élasticité aux fibres.

3° Du *peignage* qui a lieu soit à la main, soit mécaniquement, afin de redresser et de ranger toutes les fibres entre elles aussi parallèlement qu'on pourra, et de faciliter leur glissement.

4° Du *défeutrage* qui, tout en continuant l'effet du peignage, transforme les mèches en rubans continus.

5° Du *laminage* et *doublage* pour égaliser, étirer, et consolider le ruban de manière à l'amener à la finesse et à la longueur voulues. Cette opération est répétée un certain nombre de fois proportionnellement à la finesse que l'on veut atteindre.

6° Du *tortillonnage* pratiqué pour arriver à étendre les filaments à leur maximum, sans les énerver, afin de détruire complétement les tendances feutrantes que la laine aurait pu conserver, après le tortillonnage, la même série d'opérations (excepté les deux premières) est renouvelée sur la laine tortillonnée.

7° Du *filage en gros* ou préparations aux bobinoirs, dans le but de raffermir le ruban, de lui donner plus de cohésion et de l'arrondir.

8° Du *filage en fin* au Mull-Jenny.

9° Du *dévidage* pour transformer les bobines en éche-

veaux, livrés ensuite au tisseur ou au teinturier, suivant que l'étoffe doit être teinte en pièce ou en fil.

10° Les apprêts après le tissage se bornent à des blanchissages au soufre, des grillages, pour enlever le duvet, à des tondages dans le même but, et quelquefois à un lustrage par le passage entre des cylindres chauffés, et enfin au pressage et au pliage.

Les opérations dans la draperie sont plus nombreuses encore, elles consistent dans :

1° Le *désuintage* et le *lavage*.

2° La *teinture*, lorsqu'elle est destinée à faire des draps fins bons teints, qui doivent par conséquent être teints en laine, afin que la matière colorante pénètre bien tous les filaments.

3° Le *battage* et dans le *louvetage* de la laine, pour la débarrasser de tous corps étrangers et lui rendre toute son élasticité.

4° Le *graissage* entre les deux louvetages de la laine pour adoucir les aspérités que présentent les filaments et faciliter les opérations ultérieures.

5° Le *cardage* pour dénouer, redresser et mélanger les filaments dans tous les sens, afin de faciliter leur réunion par l'accrochage auquel leur constitution les prédispose

Cette opération est généralement répétée deux fois pour que l'exécution en soit plus parfaite (1).

6° Le *filage en fin* au Mull-Jenny.

7° Le *dévidage* pour chaîne ou pour trame.

8° L'*ourdissage* dans le but de disposer les fils de la chaîne aussi parallèlement que possible, et suivant le tissu que l'on a en vue de produire.

9° L'*encollage* pour consolider les fils, pour éviter leur rupture au tissage.

10° Le *tissage* ou transformation des fils en étoffes.

11° Le *dégraissage* pour faire disparaître la matière grasse, que l'on a mise aux premières opérations.

12° L'*épinçage* ou *épincetage* dans le but d'enlever toutes les matières étrangères qui pourraient se trouver mélangées au tissu.

13° Le *foulage* pour resserrer les fils entre eux dans tous les sens, afin de transformer la toile de laine en draps, et lui donner les propriétés tranchées qui le distinguent des autres tissus.

14° Le *lainage* qui s'exécute pour faire reparaître et égaliser a la surface du tissu les filaments de la laine qui avaient été froissés par l'action du foulage.

15° Le *tondage* pour couper ces filaments aussi courts que possible sans cependant découvrir la liaison des fils qui constitue la charpente de l'étoffe.

Ces opérations du lainage et du tondage sont réitérées alternativement un très grand nombre de fois, suivant la qualité du drap.

16° Le *séchage à la rame*, qui se fait en étendant et faisant sécher la pièce sur les dimensions qu'elle doit conserver.

17° Le *passage à la vapeur* dans le but de produire le brillant de l'etoffe.

18° Le *décatissage* pour que l'apprêt à la vapeur soit solide et empêcher l'eau de tacher.

19° Le *pressage à chaud*, entre des cartons lisses, pour redonner du brillant.

20° Le *pressage à froid*, afin de donner les derniers apprêts.

21° Enfin l'*entoilage et la mise en balles*.

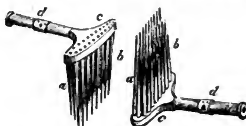
Pour compléter tout le travail des laines nous ferons suivre leur fabrication ordinaire par une description succincte de l'industrie des draps feutrés.

Nous allons décrire successivement toutes ces opérations en renvoyant pour celles du désuintage, de la teinture et du tissage, aux articles BLANCHIMENT, TEINTURE et TISSAGE.

Du peignage. Le peignage de la laine a beaucoup d'analogie avec celui du lin, le but est le même, si les moyens sont modifiés, c'est à la différence des caractères de ces matières, que ces modifications sont dues, mais pour l'une et l'autre substances, il s'agit de redresser les filaments, de les ranger aussi parallèlement que possible, en les débarrassant de corps étrangers, et de remplir par conséquent les fonctions analogues à celles de nos peignes par rapport aux chevelures ; seulement dans la laine, les filaments sont distincts, tandis que dans le lin, ils sont encore agglutinés, et il faut les séparer les uns des autres et les rendre flexibles, car ils sont loin d'avoir l'élasticité et l'onctuosité des fibres de la laine, qui sont telles qu'elles se condensent et se collent entre elles, de façon que le peigne ne pourrait pénétrer dans la masse si, au lieu de l'employer à froid et à sec, comme cela a lieu pour le peignage des matières végétales, on ne chauffait préalablement les aiguilles du peigne à un certain degré pour ramollir la matière cornée et on n'employait la laine qu'après l'avoir graissée et conservée légèrement humide, afin de lui donner une flexibilité suffisante pour la mettre à l'abri des ruptures que les dents pourraient occasionner sans cela.

Le peignage de la laine, comme celui du lin, se fait encore tantôt à la main et tantôt mécaniquement.

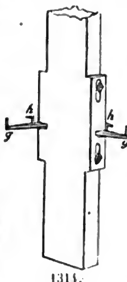
Peignage de la laine à la main. Trois ustensiles sont nécessaires à cette opération : 1° une paire de peignes par ouvrier ; 2° un poteau auquel on peut fixer l'un des peignes ; 3° un petit poêle ou réchaud pour chauffer les dents du peigne, chaque peigne est composé de deux ou trois rangs de dents d'acier coniques et pointues *a b* (fig. 1313), disposées sur deux ou trois plans paral-



1313.

lèles, chaque rang étant un peu plus long que le précédent; elles sont fixées à une tête de bois *c*, qui est recouverte de corne, et munie d'un manche *d*, placé à angles droits avec les lignes des dents.

Les espaces entre les deux ou trois plans de dents sont d'environ 6 millimètres à leur partie inférieure, et d'un peu plus à leur sommet; on commence d'abord par peigner, lorsque les fibres sont les plus mêlées, avec le peigne à deux rangs, puis on finit avec celui à trois rangs.



1314.

Un poteau est planté dans l'atelier (fig. 1314) pour y mettre de temps en temps les peignes pendant l'opération.

A ce poteau est fixée une tige de fer horizontale *g* relevée à son extrémité de manière à être introduite dans le trou du manche du peigne. A son point d'insertion dans le poteau, il y a une autre pointe *h* pénétrant dans le bout creux du manche, qui, entre ces deux crochets, est fortement maintenu au poteau.

(1) Nous supposons ici qu'on emploie les cardes continues, qui transforment la laine en rubans et dispensent du *filage* en gros.

Le poêle consiste ordinairement en une plaque de fer, chauffée par le feu ou par la vapeur, et surmontée d'une plaque semblable, placée à un intervalle suffisant pour permettre d'introduire les dents entre ces plaques par un côté qui reste ouvert, tandis que l'espace contenu entre leurs bords sur leurs autres côtés est fermé pour retenir la chaleur.

Lorsque l'ouvrier peigne la laine, il la prend par mèches d'environ 12 grammes chaque, l'arrose d'huile ou graisse avec du beurre, et la roule dans ses mains afin de rendre tous les filaments également onctueux.

Quelques laines dures et sèches demandent un seizième de leur poids d'huile, d'autres n'en demandent qu'un quarantième; il attache ensuite au poteau un peigne chauffé avec ses dents tournées en haut, saisit une moitié de la mèche de laine dans ses mains, la jette sur les dents en la faisant passer à travers, et cela à plusieurs reprises, laissant à chaque fois quelques filaments droits sur le peigne; quand le peigne a ainsi recueilli toute la laine, il est introduit dans le poêle avec ses pointes chargées de la laine pendant en dehors et exposée à l'influence de la chaleur; l'autre peigne, qui vient d'être retiré chaud du poêle, est placé sur le poteau et garni des 8 à 10 grammes de laine qui reste, après quoi il remplace celui qui est dans le poêle; ayant alors les deux peignes chauffés, il en tient un de la main gauche sur son genou, étant assis sur un tabouret peu élevé; et saisissant l'autre de la main droite, il peigne la laine sur le premier, introduisant les dents de l'un des peignes dans la laine fixée dans l'autre, et les tirant en travers.

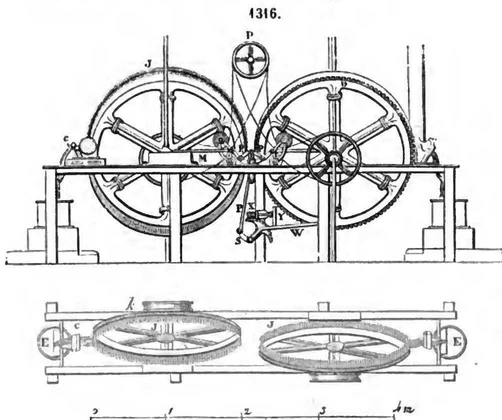
Cette manipulation se répète jusqu'à ce que les fibres soient parallèles comme une mèche plate de cheveux; il est convenable de commencer par peigner le bout de la mèche et d'avancer progressivement d'une extrémité à l'autre jusqu'à ce que les dents s'engagent ensemble autant que possible, sans qu'il y ait froissement: si l'ouvrier agissait autrement, il risquerait de briser les filaments, ou arracherait tout à fait leurs bouts de l'un des peignes. Les flocons qui restent à la fin de l'opération, parce qu'ils sont trop courts pour pouvoir être saisis par la main du peigneur, se nomment *blouses*, tandis que la laine peignée longue se nomme *cœur*.

Les blouses ne peuvent être filées comme laines rases à une grande finesse; elles sont réservées pour la fabrication du gros drap.

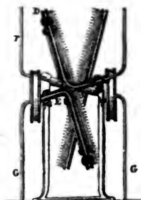
Quand la laine est finalement tirée du peigne on la laisse refroidir; on la dispose ensuite en paquets de dix ou douze poignées.

Beaucoup de tentatives ont été faites pour exécuter le peignage de la laine mécaniquement, mais jusqu'à présent une seule machine a été employée en France avec succès. Cette peigneuse, qui fut inventée par J. Collier, en 1827, continuant à se propager et à donner de bons résultats, mérite une description tant sous le rapport des services que sa propagation paraît être appelée à rendre encore, que sous le rapport de l'intérêt que présente sa conception mécanique, dont le principe paraît avoir été conçu par M. Godart d'Amiens, qui prit un brevet d'invention en 1825, pour une machine analogue, dont il céda la propriété à M. Collier. La fig. 1315 représente le plan; la fig. 1316 une vue de côté, et la fig. 1317 une coupe transversale de cette machine.

1316.



1315.



1317.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes parties dans les trois figures.

On voit que les peignes se composent chacun d'un grand cercle creux en fonte D, assemblé avec six bras également creux, et réunis à un moyeu commun.

La coupe, fig. 1317, indique que le plan du cercle forme un certain angle avec la verticale, et que son axe creux E n'est pas horizontal, mais forme un angle d'environ 14° avec elle; cet axe communique avec la chaudière à vapeur par le tuyau recourbé F, et avec l'air extérieur par le tuyau G; le tuyau F laisse arriver la vapeur dans la jante en passant par 5 bras de la roue afin de chauffer les dents du peigne, le sixième bras laisse échapper la vapeur qui a servi par le tuyau G. Chaque peigne circulaire porte une double rangée de dents, ou broches en acier de forme conique très aiguë

et implantées dans la jante; la rangée intérieure est moins longue que l'autre, et correspond aux vides de celle-ci: ces dents ou aiguilles doivent avoir une inclinaison telle, que lorsque les deux peignes sont rapprochés l'un près de l'autre, les dents en contact sont horizontales; de chaque côté des roues se trouvent une paire de cylindres lamineurs et étireurs *c* qui reçoivent la laine qui a été peignée pour la transformer en un ruban continu qui se rend dans le cylindre qui lui sert de récipient.

Les deux roues peigneuses sont disposées de manière à pouvoir s'écarter et se rapprocher à volonté, afin de travailler progressivement toutes les parties engagées dans les dents, au moyen d'une combinaison de leviers que l'on voit en O, M, P, Q, S, W.

Les peignes circulaires reçoivent par conséquent deux mouvements, un mouvement de rotation autour de leur axe par la poulie *k*, qui reçoit elle même son mouvement de la poulie motrice P, et un mouvement de translation en avant ou en arrière, de manière à se rapprocher ou à s'écarter à volonté; mais l'axe des roues peigneuses étant incliné, et devant être commandé par une courroie qui doit rester constamment dans un plan vertical, on conçoit qu'il faut une disposition spéciale pour que la poulie de commande *k* reste toujours dans le même plan. Il faut donc qu'elle ne fasse pas corps avec l'arbre; ce qui a lieu au moyen d'un assemblage à rotule, dont on peut voir la description détaillée dans l'intéressante publication industrielle de M. Armengaud aîné, qui donne avec le plus grand soin toutes les parties de cette ingénieuse machine à peigner, avec les modifications qui y ont été apportées par MM. Risler et Schwartz, de Mulhouse, dans l'établissement desquels nous les avons vus fonctionner exclusivement, et avec le plus grand succès.

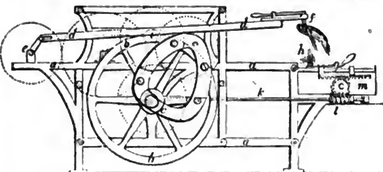
Pour opérer le *peignage*, on rapproche les roues l une de l'autre, après avoir garni leurs dents chauffées de laine, et après avoir engrené la poulie motrice *h*; le rapprochement entre les roues a lieu au moyen du volant *y*, qui agit sur le système de leviers disposés à cet effet. Ce mouvement est réglé de manière à se ralentir à mesure que l'opération touche à sa fin; ce qui arrive après un nombre de tours de roue déterminé pratiquement : les roues se sont alors enlevé réciproquement leur laine, en la faisant passer dans leur double rangée de dents, ce qui a produit le peignage. Ce travail terminé, on écarte les roues, et on rapproche les chariots qui portent les cylindres lamineurs, et un pignon qui leur communique le mouvement, et qui engrène avec une roue disposée à cet effet sur les roues peigneuses, qui reçoivent alors un nouveau mouvement qui sert à faire passer la laine de leurs peignes entre les cylindres étireurs, après que l'on a commencé à y engager un point quelconque à la main.

On reprochait autrefois à cette machine de faire plus de blouses que le peignage à la main; MM. Risler et Schwartz nous ont assuré du contraire, depuis qu'ils y ont apporté d'ingénieuses modifications.

On a cherché à construire, en Angleterre, une machine à peigner pouvant servir au travail de la laine et du lin. Cette machine, pour laquelle M. James Noble, filateur à Kalifon, s'est fait breveter en 1834, est représentée en coupe dans la figure 1318.

Le bâti *a a* supporte l'arbre de la roue *b b*, sur des appuis convenables qui se trouvent de chaque côté; sur le devant de cette roue est fixée la roue excentrique en cœur *c c*.

A la partie supérieure de la circonférence de cette dernière roue, un levier *dd* se maintient par son seul poids; l'un des bouts de ce levier est fixé par une articulation à la manivelle *e*; par la rotation de la manivelle *e*, on voit que le levier *d* glissera, par un mouvement de va-et-vient, sur la partie supérieure de la circonférence de la roue en cœur ou excentrique *c*; le bout extérieur de ce levier *d*, portant le peigne mobile supérieur ou pointes d'aiguilles *f*, décrivant dans son mouvement une courbe elliptique, laquelle courbe dépendra de la position de la roue en cœur *c* qui dirige le bout du levier.



1318.

Un cadre mobile *g* porte une série de pointes *h*, qui constituent le peigne ou les aiguilles inférieures.

La main de l'ouvrier place entre ces aiguilles la laine brute, pour qu'elle soit tirée et peignée par les mouvements du peigne mobile supérieur.

Comme il est important, pour qu'il n'y ait pas de perte, que les bouts de la laine soient d'abord peignés, et que les pointes pénètrent progressivement dans la laine, on commence par reculer aussi loin que possible le cadre mobile *g*, et l'action du levier *d*, pendant toute l'opération, est dirigée par les différentes positions de la roue en cœur, de manière à ce que le peigne supérieur pénètre d'abord peu profondément dans la laine; mais, à mesure que l'opération avance, on rapproche par degrés le cadre du peigne inférieur, et les positions relatives de l'excentrique *c* étant aussi changées par degrés, les aiguilles supérieures peuvent alors être tout à fait amenées à travers la laine, pour peigner et rendre droites les fibres dans toute leur longueur.

Pour imprimer les mouvements nécessaires à la machine, elle est munie de roues d'engrenage et de pignons montés sur des tourillons fixés au côté du bâti, lesquels roues et pignons sont indiqués dans la figure par des points, afin d'éviter la confusion. Le mouvement est communiqué par un cheval ou une machine à vapeur, au moyen d'une courroie passant dans une poulie qui se trouve sur l'axe *i*, lequel axe porte un pignon s'engageant dans une des roues. C'est cette roue qui ment la manivelle *e*, qui fait agir le levier *d*, et c'est aussi de ce même pignon que l'arbre de la roue *b*, portant la roue excentrique *c*, reçoit son mouvement, qui est moins rapide que celui de l'axe de la manivelle.

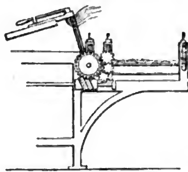
Au bout de l'arbre de la roue *b* et de l'excentrique *c* est fixé un pignon conique en rapport avec un pignon semblable, qui se trouve sur le bout de la tige latérale *k*; le bout opposé de cette tige est garni d'une vis sans fin *l* s'engageant dans une roue dentée *m*, et cette dernière s'engage dans une crémaillère à la partie inférieure du cadre *g*.

De ce qui précède, il est facile de concevoir que, par les mouvements du système de roues, une impulsion lente est imprimée au cadre *g*, par suite de laquelle les pointes inférieures portant la laine sont avancées progressivement pendant l'opération, et que l'excentrique reçoit un mouvement de rotation, qui donne différentes directions aux coups du levier qui glisse sur sa circonférence et au peigne mobile, de manière à ce qu'il opère par degrés sur la laine à mesure qu'elle lui est présentée.

La construction des cadres qui contiennent les ai-

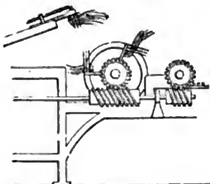
guilles et la manière de les fixer dans la machine n'offrent rien d'important à remarquer.

Il est inutile d'ajouter autre chose à cette description, sinon qu'il faut chauffer les peignes avant de carder la laine. Au lieu d'introduire la laine avec la main dans le peigne inférieur, il est quelquefois approvisionné au moyen d'une toile sans fin, comme on le voit dans la fig. 1319 : cette toile sans fin est tendue sur deux rouleaux mis en mouvement par la vis sans fin et les pignons, de manière à diriger la toile et la laine en avant.



1319.

La figure 1320 représente une légère différence dans la machine à peigner la laine ; cette différence consiste dans la position des peignes, qui sont placés sur une tige ou un cylindre tournant ; au bout de l'axe de ce cylindre est une roue dentée, qui reçoit son mouvement d'une vis sans fin placée sur une tige latérale.



1320.

L'axe du cylindre, sur lequel sont fixées les aiguilles, est monté dans un cadre mobile, afin que les pointes des aiguilles puissent d'abord agir seulement sur le bout de la laine, et être enfin avancées, de manière à ce qu'elles traversent toute la longueur des fibres ; l'avancement progressif de ce cadre mobile et du cylindre peigneur est dû à la vis sans fin dont nous avons parlé, et qui se trouve sur la tige latérale.

Ces machines n'étant pas complétées, comme les peigneuses de Collier, par le chariot à cylindres, il faut par conséquent les débarrasser de leur laine *cœur* et *blouses*, et les disposer en ruban d'une longueur indéfinie, avant de les engager à la machine à laminer et à doubler.

Défeutrage. La laine étant préparée au peigne, comme nous venons de l'indiquer, il faut continuer ses transformations jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à l'état de fil cylindrique, d'une ténuité extrême et définie à l'avance, d'une longueur qui n'est limitée que par l'appareil sur lequel il est destiné à être enroulé, et d'une homogénéité parfaite, présentant par conséquent la même ténacité sur tous les points de sa longueur.

Les matières textiles ne peuvent atteindre ce but que par des préparations successives convenablement ménagées, de manière à n'agir que graduellement sur le ruban, qui ne peut être converti en fil parfait qu'après avoir passé par un certain nombre de grosseurs déterminées, allant en diminuant depuis le ruban élémentaire, produit après le peignage de la laine ou le cardage du coton, jusqu'au fil en fin obtenu, en général, par le métier dit Mull-Jenny.

Cette seconde espèce de préparation s'exécute au moyen de deux paires de cylindres métalliques animés d'une vitesse différente, et entre lesquels on fait passer le ruban, qui s'y trouve légèrement comprimé par une pression qui agit sur les axes des cylindres supérieurs.

Le ruban engagé entre ces cylindres est obligé de se mouvoir avec leur vitesse, et par conséquent de s'allonger, si la paire de cylindres par laquelle le ruban se dégage marche plus vite que celle par laquelle il entre ; et en répétant successivement ce travail, le ruban s'étire indéfiniment, si on a soin à chaque fois d'en ajouter de nouveau, afin de le consolider et d'empêcher la rupture. (Voyez, pour tous les détails, *Étirage* de l'article COTON.)

Quoique les étirages de la laine peignée tendent au même but que celui du coton, les machines employées doivent recevoir une modification basée sur les différences des caractères naturels de ces matières premières.

La laine, quoique choisie pour le peigne, présentant toujours une certaine résistance à se développer complétement, à cause de la tendance qu'ont les fibres à se contourner, il est important qu'elles se présentent aussi droites que possible à l'action des cylindres, qui doit les condenser dans cet état et les allonger encore ; et comme ces filaments ont une longueur sensiblement plus grande que ceux du coton, ils pourraient se recourber et se présenter irrégulièrement aux cylindres étireurs, s'ils n'étaient rangés convenablement, maintenus dans cette disposition, et présentés parallèlement à l'action des cylindres étireurs.

Ce résultat s'obtient en disposant des peignes métalliques entre les deux paires de cylindres ; ces peignes, dont la forme peut être variable suivant la disposition des bancs à étirer, sont aujourd'hui généralement de petits cylindres armés d'aiguilles ou broches aiguës inclinées, dont la finesse et le nombre de dents va en augmentant, à mesure que l'opération arrive à sa fin, pendant que le diamètre du cylindre du peigne va, au contraire, en diminuant. On voit, en un mot, que la grosseur des peignes est en raison inverse du nombre et de la finesse des dents, qui sont eux-mêmes inversement proportionnels aux diamètres des rubans.

L'espacement des deux paires de cylindres, leurs pression et grosseur doivent être déterminées par des considérations analogues à celles qui déterminent pour le travail du coton ; car, ainsi que nous venons de le dire, sauf l'emploi du cylindre garni d'aiguilles, l'appareil est semblable à celui employé dans le même but pour le coton (1).

La première machine dans laquelle le ruban passe après le peignage a reçu le nom de *défeutreur*, pour indiquer son but qui consiste à détruire les propriétés feutrantes de la laine, comme nous venons de l'énoncer.

A la sortie du défeutreur, le travail se continue par le passage successif de la matière dans un nombre plus ou moins grand de machines à étirer, et qui ne diffèrent entre elles que par la diminution du diamètre des peignes, l'augmentation du nombre de leurs dents et celle de leur finesse.

Les établissements les mieux montés se servent ordinairement de cinq machines à étirer, garnies de six paires de cylindres chaque ; la dernière ne servant qu'à guider le ruban à sa sortie, et à continuer son laminage, peut avoir la même vitesse que la seconde paire ; de manière à ce que les quatre premiers rubans se forment en un à la sortie de la première machine ou défeutreur,

(1) A la différence près que la même machine à étirer ne pourrait pas servir à faire des rubans de laine de plus en plus fins, comme cela pourrait au besoin avoir lieu pour le coton. Nous donnerons toutes les machines plus détaillées dans notre ouvrage spécial sur les matières textiles.

la seconde reçoit quatre rubans composés de quatre chacun, de sorte que le ruban unique qui en sort, se trouve composé de $4 + 4 = 16$ et ainsi de suite, jusqu'à la dernière; on double des quantités considérables de fois comme pour le coton ; il n'est pas rare d'arriver à produire définitivement un fil d'une ténuité telle que 1 kil. de matière produit une longueur de 100,000 m., qui est composé lui-même d'un million de rubans primitifs formés, à leur tour, par la réunion d'une quantité innombrable de filaments de chaque.

Tortillonnage. — Quand la laine est arrivée à cette période de son travail, on lui fait subir une opération très simple et peu importante en apparence, et qui a cependant la plus grande influence sur la perfection de son fil. Cette opération consiste à faire des espèces d'écheveaux de rubans et à soumettre toute leur masse à un allongement, ou plutôt à un redressement forcé; on y parvient par plusieurs moyens; voici le plus généralement usité.

On attache à un crochet le ruban en question par une de ses extrémités, l'autre est tenue à la main ou attachée à un crochet semblable, fixé sur une pièce de bois qui a la faculté d'être arrêtée ou de glisser dans une rainure.

Le ruban ainsi fixé, on met la machine en mouvement au moyen d'une courroie, que l'on fait passer sur une poulie qui commande la roue et le pignon portant le crochet.

Ce crochet tourne alors avec une très grande rapidité et tord la masse de ruban en la redressant.

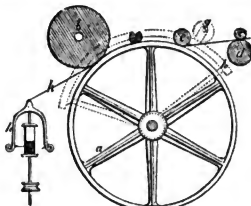
On détache ensuite l'extrémité opposée, après avoir fait avancer le ruban de la moitié de sa course, et on replie l'écheveau sur lui-même pendant que le crochet tourne toujours, et en forme une espèce de bâton solide, contourné et extrêmement dur; on expose ensuite, pendant quelques jours, la laine à une vapeur humide; puis on la reprend, on ouvre les tortillons et on la fait passer une seconde fois par la série des opérations qu'on lui a fait subir avant qu'elle ne soit à cet état. Si on examine la laine avant et après cette opération, il ne sera pas difficile de reconnaître une différence notable dans l'allongement des filaments, qui est tel après ce redressement énergique opéré par la machine, maintenu et augmenté par la pénétration de la vapeur, qu'il serait difficile de reconnaître les mêmes filaments que l'on avait observés avant ce traitement.

Cette application a fait faire un très grand pas à l'industrie de la laine peignée dont le fil présente maintenant tous les caractères des fils lisses, en conservant les propriétés physiques de la laine.

On voit que ce moyen du tortillonnage employé pour développer et étendre complétement les filaments de la laine est basé sur leur force élastique, qui tend à les redresser avec une force proportionnelle à celle employée à les tordre lorsque cette force cesse d'agir, l'élévation de la température de la masse produite par la vapeur vient aider encore ce redressement.

Ce tortillonnage de la laine peignée a de l'analogie avec la torsion que l'on fait subir au crin qui doit former la garniture des meubles. Dans les deux cas, on ne tord la matière que momentanément pour lui fournir plus de ressort au redressement, que la force élastique opère lorsque la force de la torsion cesse d'agir.

On emploie dans le même but en Angleterre, une machine combinée avec les cylindres étireurs ; la fig. 1321 représente une de ces machines. *a*, la roue à frottement ; *b*, le rouleau à tirer de devant, placé dans le cadre à tirer de la manière ordinaire ; *a*, la plus grande roue formant le rouleau inférieur de la paire des rouleaux à tirer de devant ; *c* et *d*, sont la paire des rouleaux à tirer de derrière qui sont mus par un engrenage uni aux rouleaux de devant, comme dans la construction ordinaire des machines à tirer, les rouleaux de devant étant mus avec une vitesse beaucoup plus grande que les rouleaux de derrière, et par conséquent, tirant ou étendant les fibres de la laine, à mesure qu'elles passent entre ; *e*, est un rouleau conducteur, portant sur la circonférence de la grande roue ; *f*, est un rouleau de tension qui presse les fibres sur la roue *a*.



1321.

Maintenant, supposons que les rouleaux de derrière tournent avec une vitesse donnée, et que le rouleau de devant *b* tourne beaucoup plus vite, le résultat sera que les fibres passant par la machine seront considérablement étendues entre *b* et *d*, ce qui arrive précisément dans la machine à tirer ordinaire, mais la roue *a*, introduite dans la machine au lieu du rouleau à tirer inférieur et de devant, tournant beaucoup plus vite que *b*, la laine étendue sur la partie supérieure de sa circonférence, de *b* au rouleau de tension *f*, sera soumise à un frottement considérable, et par suite, les boucles naturelles de la laine disparaîtront, en même temps que sa feutrabilité sera détruite, et elle pourra descendre en un ruban uni sur le fuseau ou volant *h*, où elle est tordue ou filée.

Afin d'augmenter ou de diminuer l'étendue des fibres de laine sur la circonférence de la roue *a*, un rouleau régulateur est adapté à la machine, comme on le voit au point *g*. Au lieu du rouleau de tension *f*, ce rouleau régulateur *g* est monté par des pivots dans des supports, sur un arc circulaire *h*, indiqué par des points. Cet arc circulaire tourne sur l'arbre de la roue *a*, et est haussé ou baissé à l'aide d'une manivelle, que la fig. 1321 ne représente pas, parce qu'elle est placée du côté opposé à celui où la figure est vue.

On voit qu'en élevant les bras circulaires, le rouleau *g* sera porté en arrière, et les fibres de la laine pressées sur la circonférence de la roue dans une plus grande étendue.

Au contraire, l'abaissement des mêmes bras attirera en avant le rouleau *g*, et alors la laine occupera une portion moindre de la circonférence de la roue, et sera, par conséquent, soumise à un frottement moindre.

Quand on veut employer la vapeur pour chauffer la laine, la roue *a* est construite en forme de tambour creux, et l'on introduit au moyen de l'axe creux la vapeur d'une chaudière dans ce tambour qui, ainsi chauffé, communique la chaleur à la laine et en détruit ainsi les boucles et l'élasticité.

Depuis quelque temps, on cherche en France à supprimer l'opération du tortillonnage, afin d'abréger le travail et de n'avoir pas à laisser la laine aussi longtemps en repos, et d'économiser, par conséquent, la perte de temps; on espère y arriver par le chauffage du ruban lors du défeutrage, en le faisant passer sur des tuyaux chauffés à la vapeur et disposés dans la machine; la pratique n'a pu encore assez expérimenter pour être

complétement fixée sur la valeur de cette modification, mais on pense généralement que ce chauffage combiné avec le tortillonnage produira un excellent effet, et abrégera sensiblement le temps pendant lequel on exposait les tortillons à la vapeur.

Lorsque la laine a été doublée, étirée et tortillonnée, en passant par toutes les machines composant l'assortiment, le ruban s'est tellement aminci, qu'on ne pourrait continuer à le travailler sans le rompre si l'on n'augmentait sa cohésion, ce qu'on obtient tantôt par une légère torsion imprimée au ruban, comme cela se pratique au moyen de bancs à broches employés pour le coton ; tantôt en soumettant le ruban en même temps à un frottement de roulement sur sa grosseur, et à un frottement de glissement sur sa longueur. Ce dernier moyen est exclusivement appliqué à la laine peignée, celui de la torsion étant généralement rejeté, dans la crainte que cette opération ne prédispose au feutrage qu'on a tant intérêt à éviter.

Le *boudinoir* ou bobinoir, destiné à recevoir les rubans, est semblable aux machines analogues employées pour le coton, sauf quelquefois l'introduction entre les cylindres d'étirage du peigne ou *hérisson* dont nous avons déjà parlé. Les rubans se déroulant de trois bobines viennent se réunir sous les cylindres étireurs, entre lesquels on se dispense de placer un peigne, les fibres étant alors suffisamment condensées et redressées.

En sortant du cylindre le ruban passe sur un petit tablier sans fin en cuir, sur lequel il est pressé par un petit cylindre ; le tablier inférieur reçoit un mouvement de va-et-vient dans sa longueur, et le cylindre un mouvement alternatif dans le sens de son axe.

La combinaison de ces deux mouvements donne au ruban la cohésion dont nous avons parlé, en commençant d'ailleurs à l'arrondir; en continuant sa marche, le fil va s'enrouler autour d'un rouleau qui reçoit également un mouvement alternatif dans le sens de son axe, afin que l'envidement se fasse régulièrement sur la longueur du cylindre bobine. La laine ainsi préparée passe à la dernière opération du filage, nommée filage en fin, qui ne se fait qu'au métier Mull-Jenny, décrit en détail à l'article COTON, auquel on ne fait subir que de légères modifications, telles que les écartements entre les cylindres qui, devant être proportionnels à la longueur des fibres de la matière première, seront plus grands, par conséquent, dans les Mull-Jenny pour la laine que pour ceux du coton; et l'étirage qui, dans les autres industries textiles, a lieu tantôt en partie par les cylindres, et en partie par l'accélération de vitesse du chariot, se fait généralement pour la laine peignée, par la différence de vitesse des cylindres seulement, le mouvement du chariot restant constant.

Le *dévidage* qui se pratique après le filage, tout en disposant le fil sous une forme plus convenable pour sa mise en œuvre ou en paquets, en transformant les bobines ou broches en écheveaux, sert en même temps à vérifier si le fil a été produit au titre ou aux numéros voulus, c'est-à-dire si le rapport demandé de la longueur au poids a été observé.

L'unité qui est employée pour terme de comparaison, basée sur le système métrique dans certaines industries, comme dans celle du coton, par exemple, où le numéro indique la longueur ou nombre de 1000 mètres à laquelle un kil. a été filé; cette unité, malgré sa simplicité et sa regularité, n'a pu triompher des anciennes habitudes conservées dans les autres industries; pour la laine peignée qui nous occupe, le numéro indique combien il y a de longueurs de 710 mètres qui est la longueur d'un écheveau, par kilogramme; ainsi donc, du fil du n° 100, qui est un numéro assez ordinaire, veut dire que 1 kilogramme de ce fil doit avoir une longueur égale à 100 fois 710 mètres (longueur de l'écheveau), ou 71,000 mètres.

En Angleterre, l'unité de poids est la livre et l'unité de longueur le yard, et l'écheveau, pour la laine peignée, a une longueur de 560 yards.

Le numéro indique le nombre d'écheveaux; ainsi le n° 24, par exemple, indiquerait que 1 livre de poids anglaise contient 24 écheveaux qui ont une longueur de 560 yards chacun, ce qui donnerait pour la livre 13,440 yards.

Le dévidage français ou anglais se fait toujours d'après les mêmes principes.

La circonférence de la machine à dévider a un développement égal à l'unité, et sur son axe se trouve un compteur communiquant à un timbre qu'une détente fait sonner après un nombre de révolutions déterminé qu'on nomme un *son*.

La longueur de l'écheveau est mesurée par un nombre de *sons* également déterminé ; si le fil a été produit au titre voulu, et si l'ouvrière n'a pas fait d'erreur, il faut que son dévidage corresponde parfaitement au rapport entre le poids et la longueur qu'on lui avait désigné.

FABRICATION DES DRAPS.

Travail des laines courtes, dites laines à cardes. — Le fil qu'il faut produire pour la fabrication de la draperie a besoin de bien moins de préparations comme on a déjà pu en juger par la nomenclature des opérations qu'on lui a fait subir.

Battage. — Le premier travail auquel on soumet la laine consiste dans un battage mécanique pour la débarrasser des corps durs et des impuretés qu'elle peut contenir, et aussi pour rendre en même temps aux filaments l'élasticité qu'ils ont pu perdre, soit par leur compression en balles, soit par leur immersion dans la matière tinctoriale.

Ce battage se répète quelquefois deux fois dans une machine cylindrique ou conique, armée de dents auxquelles est livrée la matière au moyen d'une paire de cylindres délivreurs qui l'ont prise d'une toile sans fin, sur laquelle l'ouvrière a soin de répandre la laine en couche d'égale épaisseur.

Louvetage. — A la sortie de la machine à battre ou *batterie*, la laine est passée au *loup*.

Cette machine ne diffère de la première que par un plus grand nombre de dents, ou par une plus grande vitesse qu'on lui imprime.

La fig. 1322 donne une coupe verticale de la machine et la fig. 1323 le plan du cylindre F.

La machine se compose d'un cylindre F, armé d'un certain nombre de rangées de dents *e,e,e*, disposées obliquement à l'axe du cylindre, afin de mieux saisir la laine et de ne pas en laisser échapper ; *c,d*, est une paire de cylindres garnis de cardes qui reçoivent la laine de la toile sans fin T.

M, D (fig. 1322), rangées de dents disposées dans un fond concentrique au cylindre F, entre lesquelles la laine est obligée de passer pour être travaillée.

E, caisse percée de trous pour laisser échapper les corps étrangers.

L, ouverture par laquelle la laine est chassée en vertu de la force centrifuge après avoir été parfaitement ouverte, c'est-à-dire après que les nœuds et les entrelacements ont disparu.

Graissage. — Après avoir soumis la laine à un premier louvetage, il faut la lubréfier avec une forte proportion d'huile qui varie du 1/4 au 1/5 du poids de la laine, suivant sa finesse, sa nature et les localités. On employait généralement de belles huiles d'olives pour les draperies que l'on fait à Sédan, en Normandie et dans le Midi. Les huiles de graines étaient employées pour les étoffes plus communes, mais il en faut alors une proportion plus forte, et le dégraissage est plus difficile encore que lorsqu'on a employé les huiles d'olives ; on

comprend que la matière grasse qui n'a été introduite que pour neutraliser l'effet des aspérités, et pour faciliter le glissement des fibres au filage, et à ses préparations doit disparaître tantôt avant et tantôt après le tissage, suivant que la laine est déjà teinte, on qu'on doit la teindre en fil ou en pièce; l'opération de la teinture ou des apprêts serait impossible sans cela.

On avait cherché pendant longtemps à s'affranchir de cette opération très coûteuse du graissage, non seulement à cause de la dépense, l'huile étant entièrement perdue, mais aussi à cause des difficultés et de la perte de temps que présentait l'opération du dégraissage; les huiles végétales étant insolubles dans les alcalis, ne s'enlèvent que par une opération mécanique, longue, coûteuse et pouvant détériorer le tissu. Ces huiles végétales ont de plus l'inconvénient de fermenter facilement, surtout en présence de la laine condensée et humide, comme cela n'a lieu que trop souvent dans les usines, d'où ont malheureusement fréquemment résulté des incendies dus à une combustion spontanée.

C'est pour remédier à tous ces inconvénients, que M. Péligot et nous, avons cherché à propager la substitution de l'acide oleique convenablement épuré, à tous les anciens modes de graissage; son onctuosité le rend très propre à cet usage. Son caractère acide met la laine à l'abri de la fermentation, si dangereuse, et le rend soluble dans les alcalis; on obtient alors au dégraissage un savon liquide qui peut être utilisé ultérieurement au foulage.

Nous ne mentionnons succinctement ce procédé, que pour n'oublier aucun progrès de la spécialité dont nous nous occupons; ce nouvel emploi étant aujourd'hui universellement répandu dans l'industrie des laines, quoique le progrès ait été lent, comme pour la propagation de toutes les nouvelles applications. Il n'est cependant pas une localité industrielle tant en France, qu'en grande partie à l'étranger, où les maisons les plus importantes n'en fassent usage.

Lorsque la laine à filer a été graissée par couches, et aussi régulièrement que possible, on lui fait ordinairement subir un second louvetage pour continuer l'effet produit par le premier; on la porte ensuite aux cardes.

Cardage. — Il a le même but pour la laine que pour le coton; nous renverrons donc à la définition donnée dans cet article. Les machines à carder la laine diffèrent cependant de celles pour le coton, par la substitution de cylindres aux chapeaux décrits dans la carde à coton.

La disposition (fig. 1324) représente la partie modifiée de la carde; on voit à la place des chapeaux mentionnés, les cylindres *a* et *b*, répétés un plus ou moins grand nombre de fois; ordinairement ces cylindres sont au nombre de cinq, disposés sur la demi-circonférence supérieure du gros cylindre ou tambour.

Leurs fonctions sont les suivantes :

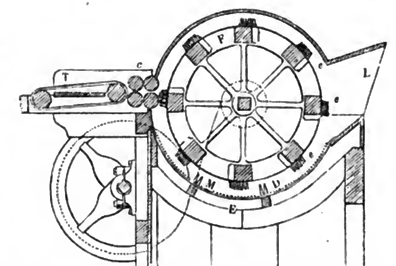
Le cylindre *a*, a un mouvement et les dents disposées en sens inverse du mouvement et des dents du gros tambour, de manière à lui enlever la laine qui lui a été fournie par les cylindres délivreurs *c*,*c*, auxquels la toile sans fin l'a amené.

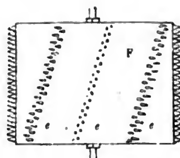
Le cylindre *b*, plus petit que *a*, et marchant plus vite a un mouvement, et la direction de ses dents, par rapport à celle du cylindre *a*, et de celle du gros tambour, de façon à dépouiller le premier de sa laine pour la restituer au second, et la faire reprendre ensuite de la même manière par les cylindres suivants jusqu'au dernier.

Les cylindres *a*, sont nommés *travailleurs*, et les cylindres *b*, *nettoyeurs* ou *débourreurs* à cause de leurs fonctions; on voit, en effet, qu'ici il n'y a plus de chapeaux à débourrer.

A la suite du cylindre que nous venons de décrire est disposé, à une distance un peu plus éloignée, un cylindre *k*, d'un diamètre plus grand, garni de dents de cardes presque droites et se mouvant avec une plus grande vitesse. Ce cylindre, auquel on a donné le nom de *volant*, à cause de sa vitesse, a pour fonction d'amener la laine cardée des racines aux pointes des dents, à mesure que le gros tambour, dans sa révolution, en présente, de manière à faciliter son dépouillement qui est opéré par le peigneur cylindrique *e*, d'où elle passe dans un petit tube ou sifflet conique, qui reçoit un mouvement de rotation pour donner un léger tors

1322.





1323.

à la laine, avant de la faire enrouler sur des cylindres *o*,*o*, après son passage entre deux cylindres lamineurs qui l'égalisent.

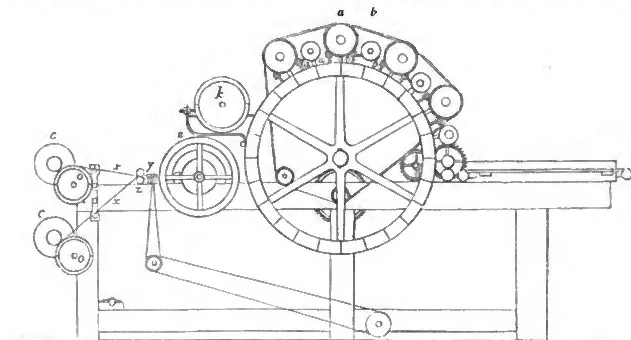
La fig. 1325 représente une légère modification dans la manière de détacher le fil; un petit cylindre *h*, détache la laine du gros peigneur *f*, et la fait passer dans le sifflet et entre les petits cylindres lamineurs *m*,*n*, d'où elle passe sur le cylindre *t*, en passant par le cylindre *z*. La fig. 1326 est un plan de cette disposition où les mêmes parties sont désignées par les mêmes lettres.

Si on observe un instant ce qui se passe dans le cardage de la laine, on s'assurera facilement que le travail a été combiné de manière à faire arriver les filaments dans le plus de directions opposées possible, afin de les

prédisposer à l'enlacement et de la prédisposer par conséquent au feutrage et au foulage.

Le cardage de la laine, comme celui du coton, a besoin d'être répété pour être parfait ; on fait ordinairement passer la laine successivement entre trois cardes qui portent des noms différents ; la première, qui commence l'opération, porte le nom de *carde briseuse*, la seconde de *repasseuse*, et la troisième se nomme la *finisseuse* ou carde *à loquettes* ; les trois cardes ensemble constituent *l'assortissement*.

Elles ne diffèrent entre elles que par la finesse des dents et leur rapprochement qui augmente de la première à la troisième, à mesure que la matière est plus nettoyée et plus velue.



1324.

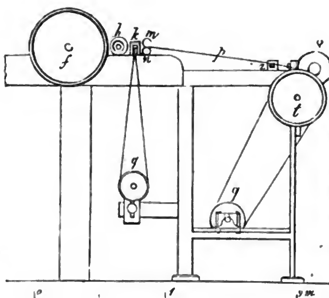
A la sortie des cardes briseuses et repasseuses, la laine se trouve détachée par un peigne à mouvement alternatif ou cylindrique, et enroulée sous forme de nappe autour d'un gros cylindre qu'on nomme *tambour à peau de mouton*; ces nappes sont ensuite portées aux cardes suivantes pour être retravaillées.

La carde *finisseuse*, qui doit fournir la laine au filage, la dispose sous une forme différente.

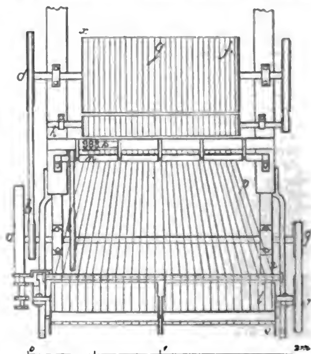
Naguère encore la laine détachée par le peigne se rendait dans des petites cannelures concaves disposées sur la circonférence d'un cylindre ; elle prenait, par conséquent, la forme de ces cannelures, et était détachée sous forme de petits cylindres qui avaient la grosseur de ces cannelures et une longueur égale à celle du cylindre et, par suite, de la carde.

C'est à ces petits cylindres qui tombaient dans une auge qu'on donnait le nom de *loquettes*.

Ces loquettes étaient ensuite portées à un premier métier à filer, où des enfants les attachaient les unes aux autres pour en former un ruban continu auquel le métier, qui n'était autre que la *jeannette*, inventée par Arkwright ou plutôt par Highs (fig. 1327), venait en-



1325



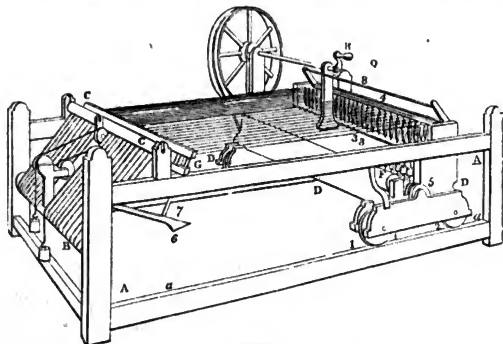
1326.

suite donner un premier étirage. Nous allons décrire le mode d'opérer de cette machine.

A,A est la monture en bois, dans laquelle est renfermé le chariot mobile D,D, qui roule sur des rainures en fonte a,a, au moyen des roues de frottement 1, 2, pour le faire avancer et reculer doucement d'un bout du métier à l'autre. Le chariot contient un certain nombre de broches d'acier, marquées 3, 3, lesquelles reçoivent un mouvement rapide d'un long cylindre F, au moyen de cordes séparées qui passent autour de la poulie de chaque broche. Le cylindre F est un long tambour de fer-blanc de six pouces de diamètre recouvert de papier, et qui se prolonge sur toute la largeur du chariot. Les broches sont maintenues presque verticalement dans un châssis, à une distance de quatre pouces les unes des autres : leurs extrémités inférieures ont des pointes coniques, et tournent dans des crapaudines de cuivre. La roue qui imprime le mouvement est placée en dehors du corps principal de la machine ; son arbre pose sur des montants verticaux, fixés sur le chariot D. La roue est tournée par le boudineur placé en Q; sa main droite est appliquée à une manivelle (comme on le voit dans la gravure), qui fait mouvoir le tambour, et tourner les broches avec la plus grande vitesse.

Chaque broche reçoit une portion de la mèche tendre pince fortement la cardée. La barre supérieure ou mobile G est guidée entre des supports à coulisses, et un fil d'archal 7 la joint à un levier 6. Lorsque le chariot D est arrivé au bout de la machine, une roue 5 soulève le bout 6 du levier ; et celui-ci, au moyen du fil d'archal 7, lève la barre supérieure G, de manière à dégager toutes les cardées. Dans cet état de choses, si l'on retire le chariot d'auprès de la barre, il tire nécessairement les cardées en avant sur leur plan incliné. Il y a un petit crochet qui reçoit la barre supérieure G, et l'empêche de tomber jusqu'à ce que le chariot se soit éloigné à une certaine distance, et ait tiré une longueur d'environ huit pouces de cardées ; un arrêt sur le chariot vient alors toucher le crochet, et l'enlever de manière à laisser tomber la barre supérieure pour pincer la cardée. En même temps on a tourné la roue pour tenir les broches en mouvement, et pour donner aux cardées la torsion convenable, à mesure qu'elles sont étirées, afin de les empêcher de casser.

On pourrait croire que les mèches tendres ont une tendance à s'entortiller autour des broches ; mais comme elles se présentent dans une direction oblique, elles ne reçoivent que le mouvement de torsion, et tournent toujours autour des pointes des broches sans s'y dévider. Lorsque le boudineur a donné aux mèches le degré



1327.

qui sort de dessous un rouleau de bois C, C, à l'une des extrémités du métier. Les mèches passent de là à la rangée de broches qui sont placées dans le chariot, de sorte qu'elles s'étendent sur une ligne presque horizontale. Le mouvement alterné du chariot rapproche ou éloigne les broches du rouleau C, de manière à donner aux boudins le degré de longueur requise.

Les cardées ou rubans de laine qui doivent être filées en mèches sont posées en lignes droites à côté les unes des autres sur un tablier sans fin, tendu sur un plan incliné entre deux rouleaux horizontaux, dont l'un B se voit dans la figure. Une cardée est assignée à chaque broche, et le nombre de broches peut varier de cinquante à cent dans une seule machine. Le rouleau C repose sur les cardées qui avancent le long du tablier ; et comme il doit les presser légèrement, il est fait en bois léger. Vis-à-vis de ce rouleau est une longue barre de bois G, avec une autre au-dessous, fixée horizontalement en travers du métier. La cardée est conduite entre ces deux barres, la barre supérieure ou mobile étant levée pour la recevoir. Lorsque la barre est abaissée, elle de torsion convenable, il se prépare à les envider sur les broches en forme de cône, en pressant du bas, avec la main gauche, la baguette à fil de cuivre 8, de manière à l'éloigner des pointes des broches, et à la placer vis-à-vis de leur milieu. Il fait alors tourner les broches, et pousse en même temps le chariot lentement, de manière à envider les mèches sur les broches en forme de canettes coniques.

Le fil d'archal ou baguette 8, doit régler l'envidage de toute la rangée de mèches à la fois ; il est incliné, à cet effet, par sa connexion avec la barre horizontale 4, qui tourne sur des pivots à ses extrémités, dans des coussinets fixés sur les montants qui sortent du chariot D. En tournant cette barre sur ces pivots, le fil d'archal 8 se lève ou s'abaisse à tous les degrés d'inclinaison désirés. Le boudineur, en saisissant la barre 4 de la main gauche, fait par là sortir les broches ; mais à son retour il baisse la baguette en même temps qu'il pousse le chariot devant lui.

Comme les rubans ou cardées sont extrêmement tendres, ils seraient bientôt étendus ou rompus si on les

entraînait au-dessus du plan incliné. Pour éviter la nécessité de cette traction, on applique une corde autour d'une cannelure au milieu du rouleau supérieur, et, après l'avoir passé sur les poulies convenables, comme il est représenté dans la figure ; on suspend un poids à l'un de ses bouts, et un autre plus petit à l'autre ; le plus petit poids ne sert qu'à tendre la corde, mais le plus gros tend à faire tourner les rouleaux avec leur tablier sans fin, de manière à transporter les cardées sans leur imposer aucune contrainte. Chaque fois que le chariot arrive à son point de départ, le gros poids se monte au moyen d'un morceau de bois qui sort du chariot, et qui frappe un nœud de la corde à l'endroit où elle est horizontale ; ce morceau de bois pousse la corde à une certaine distance, de manière à faire monter le gros poids ; mais le tablier sans fin ne peut revenir en arrière, parce qu'il est retenu par un cliquet, à l'extrémité de l'un de ses cylindres, et la corde glisse ainsi autour du cylindre. Lorsque le chariot se retire, le plus gros poids fait tourner le cylindre, et avancer le tablier sans fin, de manière à livrer les cardées à mesure que le chariot, en sortant, les étire ; mais lorsqu'une quantité suffisante est livrée, le nœud de la corde arrive à un arrêt qui l'empêche d'avancer plus loin ; et au même instant la roue 5 quitte le levier 6, et laisse tomber la barre supérieure G, qui pince fortement la cardée. La roue E, étant alors mise en mouvement, fait tourner les broches ; et le chariot, étant sorti, étend les mèches, qui sont en même temps soumises au tordage. En envidant les mèches, l'ouvrier doit avoir soin de pousser le chariot en avant, et de tourner la roue de manière que les broches n'envident pas plus vite que le chariot ne roule sur les rainures, autrement les mèches en souffriraient.

L'enfant qui sert cette machine apporte les rubans de la carde et les dépose sur le tablier incliné entre C et B ; il doit avoir soin de joindre les nouveaux rubans à la suite des derniers.

Ce mode de travailler est encore usité dans les établissements qui existent d'ancienne date, mais dans toutes les filatures nouvelles qu'on a montées depuis la loi sur le travail des enfants, on a substitué aux cardes dont nous avons parlé plus haut le système des cardes fileuses dit *américain*, qui n'en diffère que par la transformation de la laine en fil en gros que la dernière carde opère d'une manière analogue à la formation du ruban aux cardes à coton.

Il existe plusieurs modifications de ce mécanisme pour la transformation en fil en gros. Celle que nous venons d'indiquer à la suite de la carde à laine est une des plus simples et des plus généralement adoptées. On comprendra facilement les autres par la description de celle-ci ; à la dernière carde, les fils, au lieu de s'enrouler autour de cylindres, s'envident sur des bobines, afin d'être mieux disposés pour le filage en fin.

La laine, arrivée à cet état, est enfin filée au métier *Mull-Jenny*, décrit pour le coton, sauf les modifications suivantes :

L'étirage, au lieu de se faire uniquement par la différence de vitesse des cylindres délivreurs, ou par ces cylindres, et la course du chariot, se fait, dans la laine cardée, par la course du chariot seulement ; le métier, au lieu de deux paires de cylindres, n'en possède qu'une paire destinée à guider, à la sortie des bobines, le fil en gros qui se trouve attaché aux broches et étiré par l'avancement du chariot. Les autres temps du filage, c'est-à-dire la torsion et le renvidage, se font exactement d'après les mêmes principes que ceux décrits pour le *Mull-Jenny* ordinaire. Ce métier, d'après nous, pourrait parfaitement être approprié au filage en fin de la laine cardée, quoique nous n'ignorions pas les motifs que l'on fait valoir contre son emploi. Ils consistent à dire, avec raison, que, pour la laine cardée, le fil doit être moins laminé, afin de pouvoir s'effilocher plus facilement lors du foulage ; mais comme ce laminage qu'on redoute tient plus aux nombreuses préparations qu'on fait subir au coton et à la laine peignée, et qu'on évite pour la laine cardée, l'inconvénient dont on parle ne serait certainement pas à craindre, et on serait bientôt convaincu que si on emploie le métier que nous nous permettons de critiquer, c'est uniquement parce que l'on a l'habitude de l'employer depuis l'origine de l'introduction des machines dans cette spécialité.

Après le filage, la laine est dévidée pour être transformée, soit en écheveaux destinés à la chaîne, soit en bobines ou canettes propres à être disposées dans la navette pour la trame. Le dévidoir employé est le même que celui pour la laine peignée, mais le numérotage ou titrage du fil cardé n'est pas le même ; il va paraître bien barbare, si on le compare au système décimal qu'il serait si convenable d'établir enfin.

L'unité de longueur adoptée est de 3,000 aunes ou 3,600 mètres ; l'unité de poids la livre ou 1/2 kilogramme.

Les 3,600 mètres portent le nom d'une livre de longueur ; cette livre se partage en quatre parties ou quatre quarts, qui se divisent chacun en dix sons.

Ainsi une laine cardée, filée à quatre quarts, a 3,600^{m} de longueur par 1/2 kilogramme ; celle de six quarts aura $900 \times 6 = 5{,}400^{m}$ par 1/2 kilogramme ; celle de 6 quarts 5 sons aura 5,850^{m} ; celle de 21 quarts 18,900^{m}.

La laine pour trame, au lieu d'être disposée en écheveaux, est dévidée en canettes sur des petits cylindres ou fûts de dimensions convenables pour entrer dans la chasse ou creux de la navette.

On remet au tisserand la quantité de laine pour chaîne et trame, convenablement assortie suivant l'espèce de drap que l'on veut produire ; c'est lui qui est chargé d'ourdir et d'encoller la chaîne selon les indications qu'il a reçues.

Nous renvoyons, pour la description de l'ourdissage et de l'encollage, au TISSAGE, dont ils sont les préparations.

Foulage. Le but du foulage est d'augmenter la solidité, de diminuer la conductibilité en ménageant l'élasticité des tissus dans tous les sens, et de donner, par conséquent, au drap les caractères particuliers qui le distinguent.

Ces propriétés précieuses s'obtiennent par une compression des fibres, par une liaison plus intime des fils et des filaments de leurs surfaces, par un plus grand rapprochement entre ces fils que celui que le tissage a pu opérer de manière à rendre le tissu à peu près imperméable à l'air. Cette condensation des fils composant le tissu ne peut nécessairement s'opérer que par une diminution de sa surface, diminution qui sera plus ou moins sensible suivant le degré de foulage, et, par conséquent, de force que l'on voudra donner au drap.

Le fabricant a le soin de disposer la longueur et la largeur de la chaîne en conséquence.

Pour les draps d'une finesse moyenne, les chaînes sont ordinairement ourdies de manière à ce que l'étoffe, avant le foulage, ait une longueur de 1/3 et une largeur de moitié environ plus grande que celle que le drap doit avoir après sa confection.

Il devra donc rentrer de 1/3 sur la longueur et de moitié sur la largeur.

Il est évident que, pour les tissus légers, ces quantités seront moindres, et qu'elles augmenteront encore pour les draps corsés, comme les *castors*, les *cuir-laine croisés*.

Le moment d'opérer le foulage varie avec les localités et les genres d'étoffes fabriquées. Tantôt, comme à Sédan où l'on fabrique plus spécialement de beaux draps noirs, l'on foule immédiatement après le tissage

et avant d'avoir débarrassé le tissu de l'huile qui a servi à la filature : en ne dégraissant qu'après cette opération, on a pour but de la fatiguer moins et de ménager le plus possible la douceur de la laine que la teinture du noir durcit toujours plus que ne le font les autres nuances.

Tantôt, au contraire, comme dans toute la Normandie, on commence par débarrasser l'étoffe de sa graisse et on la foule ensuite ; les fabricants normands procèdent de cette manière, même pour les draps noirs.

Tantôt, enfin, quand il s'agit de draps communs, comme les draps de troupes ou les tissus à bas prix du Midi pour l'exportation, le dégraissage et le foulage se font simultanément. La graisse est alors utilisée au foulage en saponifiant l'alcali qu'on ajoute dans ce but pour former le savon indispensable à l'opération.

Cette troisième méthode, qui est, comme on le voit, la plus économique, ne pourrait s'appliquer aux draps d'une qualité plus élevée, qui ont besoin d'être visités avec beaucoup de soin entre le dégraissage et le foulage, afin de les débarrasser de toutes les ordures et matières étrangères, par *l'épinçage* ou *épincetage*, et de réparer par le rentrayage les défauts ou accidents qui auraient pu se présenter dans le courant du travail, et qui doivent disparaître avant le foulage, afin qu'on ne puisse plus en retrouver de traces dans l'étoffe finie.

Que le dégraissage s'opère avant ou après le foulage, il se pratique en imbibant le tissu d'une dissolution de terre argileuse, lorsque le graissage a été fait par une huile végétale, et d'une dissolution d'alcali, lorsque l'on a employé l'acide oléique ; on le fait ensuite passer entre deux cylindres en bois qui accélèrent l'opération, en faisant pénétrer davantage l'émulsion et en imprimant à l'étoffe un mouvement de rotation convenable ; lorsque le dégraissage se fait à la terre, il faut plusieurs heures. Lorsque l'acide oléique permet d'employer un alcali, le carbonate de soude par exemple, vingt minutes suffisent.

Une fois que toute la graisse est extraite, ce que l'on reconnaît avec un peu d'habitude par le toucher et l'odorat, il faut procéder au dégorgeage ou lavage, qui consiste à continuer à faire tourner la pièce dans une dissolution, en l'y plongeant jusqu'à ce qu'elle soit complétement immergée, par une disposition semblable à celle donnée fig. 1216, c'est-à-dire en la faisant passer entre deux cylindres en bois ; le cylindre inférieur est ordinairement cannelé pour augmenter un peu l'adhérence.

Ces cylindres sont renfermés dans une caisse également en bois, solidement assemblée ; cette caisse est fermée sur le devant par les volets ; la premiere ouverture servant à introduire le drap, et la seconde la dissolution.

Un rouleau disposé près des parois de la caisse sert à guider la pièce pour qu'elle marche plus régulièrement et ne se déchire pas ; les deux fonds ont chacun un orifice qu'on peut déboucher à volonté pour laisser écouler les eaux sales ou lorsqu'on veut vider la machine. Cette machine est généralement disposée pour dégraisser deux pièces à la fois et quelquefois trois ; mais cette dernière disposition est vicieuse, elle cause des inégalités de pression sur les tissus.

Quelquefois, pour faciliter le dégraissage, qui est assez difficile à opérer lorsqu'on s'est servi d'huile de graines ou d'olives, on prédispose au dégraissage en faisant tremper l'étoffe dans l'eau vive ; si on a une rivière ou un canal à sa disposition, il faut alors avoir soin de la faire complétement immerger, s'il s'agit de pièces teintes, sans quoi la couleur exposée à l'air ou au soleil pourrait être altérée ; c'est ce qu'on nomme *flamme* en terme de fabrique.

En Angleterre, pour faciliter le dégraissage, on a encore l'habitude de tremper le tissu dans de la fiente de porc. Outre les désagréments faciles à comprendre d'une telle pratique, elle doit exposer les tissus à être altérés par la fermentation qui doit se développer.

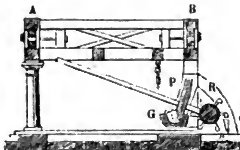
Travail du foulage. Que le tissu soit dégraissé ou non lorsqu'on le foule, les moyens employés, à cet effet, sont les mêmes ; on y arrive toujours par une action mécanique prolongée et assez énergique sur l'étoffe imprégnée d'une dissolution alcaline ou savonneuse.

La présence de la dissolution a pour but de faciliter le glissement ou le rapprochement, la compression et le ramollissement des fibres et des fils de la matière qu'elle imprégne, et d'empêcher leur altération par le choc et la pression.

L'effet simultané de la force mécanique et de l'action physique de la dissolution développe une température assez élevée qui facilite l'opération et qu'il faut avoir soin de ménager pendant sa durée.

Les machines à fouler employées restèrent, sans la moindre modification, jusques il y a quelques années ; ce furent toujours ces moulins à pilons verticaux ou inclinés, importés chez nous par les Hollandais dont ils ont conservé le nom. La fig. 1328 est une coupe verticale représentant un pilon seulement.

Ces moulins, qui sont encore très répandus, ont ordinairement un plus grand nombre de pilons, et, par conséquent, d'auges qu'on désigne ensemble par le nom de pile.



1328.

A B, représente un bâti solidement fixé dans l'établissement, et assujetti sur d'excellentes fondations analogues à celles des laminoirs et autres machines qui doivent être soumises à des ébranlements.

A la partie inférieure du bâti, ordinairement en bois de chêne, se trouve pratiquée une auge creuse G, dont la courbure doit être très régulière, sans angle rentrant ni saillant, afin de faciliter le glissement et le roulement de l'étoffe que cette auge est destinée à recevoir ; elle doit être également solidement assemblée, car elle reçoit les chocs assez rapidement répétés du pilon ou maillet P, qui est soulevé par l'arbre R, muni de cames *c,c,c*, destinés à ce soulèvement du maillet, qui retombe sur l'étoffe lorsque chaque came l'abandonne.

La partie saillante du pilon par laquelle il est soulevé est ferrée pour résister à la prompte détérioration qui aurait lieu si on ne prenait ce soin.

La tête du pilon du côté qui agit sur le drap est découpée en gradins pour aider le mouvement de rotation que le drap doit prendre dans la pile.

L'inspection de ces machines suffit pour démontrer leur défectuosité, quelle que soit d'ailleurs l'autorité que peut leur donner un emploi séculaire. On voit, en effet, qu'elles ont une forme qui ne change pas, et qu'elles agissent avec une vitesse invariable, sous une pression à peu près constante (1), soit qu'on y foule des étoffes légères, des draps ordinaires et des cuirs-laines qui demandent cependant des degrés de foulage si différents.

(1) Je dis à peu près, car au besoin on pourrait faire varier le bras du levier du pilon, ainsi que cela a quelquefois lieu.

Les piles étant ouvertes, la chaleur ne s'y développe que lentement et ne s'y conserve que difficilement.

Rien ne réglant le degré de foulage, l'ouvrier est obligé de sortir souvent le drap de la machine, pour le vérifier et mesurer son retrait, ce qui nécessite une intermittence fâcheuse, tant pour la perte de temps, qu'à cause du refroidissement qui en est la conséquence. L'opération ne peut se conduire que par tâtonnement, et exige, par conséquent, un foulonnier habile et expérimenté, si on ne veut exposer le tissu à des avaries très préjudiciables ou à un foulage mal fait, qui déprécie considérablement l'étoffe.

Ce vieux système de moulins à fouler a d'ailleurs les inconvénients de demander beaucoup d'emplacement, d'occasionner un bruit désagréable, d'exiger, par conséquent, des frais d'entretien assez considérables et d'absorber une grande quantité de force; sans cependant pouvoir arriver à certains caractères et à ce degré de foulage très recherché pour bien des articles, et surtout pour la draperie fine.

C'est pour chercher à obvier à tous ces inconvénients, qu'on fait, depuis quelques années, l'essai de nouveaux systèmes de machines à fouler qui commencent à se propager.

Ces machines ont des avantages évidents sur celles que nous venons de décrire; plusieurs systèmes différents ont été proposés; nous ne parlerons que de ceux qui ont été sérieusement adoptés par la pratique.

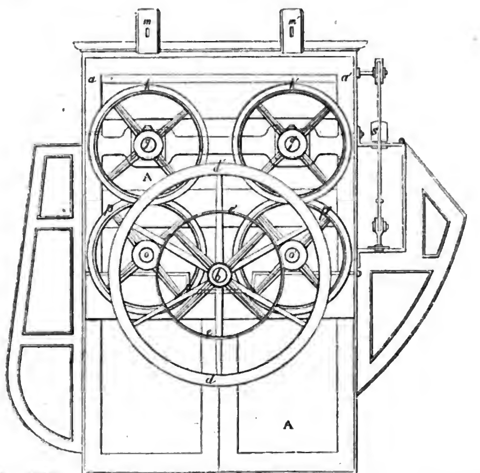
La première de ces machines nous vient d'Angleterre; elle fut importée vers l'année 1838, par MM. Hall fils, Powels et Scott, de Rouen.

La fig. 1329 représente l'élévation dans le sens de la longueur de la machine; la fig. 1330 une coupe transversale, et la fig. 1331 la face antérieure de la machine par laquelle le drap sort après être foulé. Ces deux vues suffisent pour faire saisir le principe de la machine.

On voit que la machine se compose de quatre cylindres *n*, *n'*, *f*, *f'*, ou poulies à gorges qui ont leurs axes horizontaux et superposés deux à deux comme des cylindres de laminoirs, et de deux cylindres verticaux *g'*, *g*, renflés par leur milieu et disposés sur le devant de la machine; ces six cylindres sont contenus dans une caisse en fonte parfaitement fermée. Les cylindres horizontaux et verticaux sont soumis à des pressions qui agissent, les premiers par l'entremise des leviers verticaux *j*, *k*, dont la partie supérieure est percée pour recevoir un levier horizontal auquel est fixé un poids que l'on peut faire glisser de manière à faire varier le bras du levier.

Le poids *s* sur les cylindres verticaux agit par l'entremise des leviers *w*: on peut également diminuer ou augmenter ce poids.

Le foulage s'opère en introduisant le drap entre les poulies à gorge, après l'avoir fait passer sur les petits rouleaux-guides *y*, *y*, puis on réunit les deux extrémités que l'on coud ensemble, de manière à former une espèce de chaîne sans fin; cela fait, on met la machine en mouvement au moyen de la poulie de commande *e* fixée sur l'arbre *b*.



1329.

Le drap replié sur lui-même, de manière à pouvoir passer entre les gorges des poulies, est entraîné par elles et se trouve foulé sur la largeur par un véritable laminage opéré par les pressions qui agissent sur les poulies horizontales, pendant que sa longueur est foulée par un frottement de roulement qu'il éprouve entre les cylindres verticaux *g*, *g'*, lors de son passage.

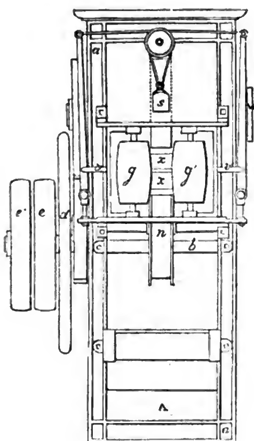
On voit que cette machine obvie en effet aux prin-

cipaux inconvénients signalés précédemment ; elle conserve parfaitement la chaleur, évite les chocs réitérés, donne les moyens de diriger le foulage et de faire varier les pressions à volonté ; elle prend peu de place et peut recevoir son mouvement d'un moteur quelconque ; malgré cela, on a fait quelques reproches à cette machine ; on prétendait que les accidents étaient fréquents, qu'elle tarait beaucoup, que le foulage était trop serré, trop coûteux pour certains genres d'étoffes.

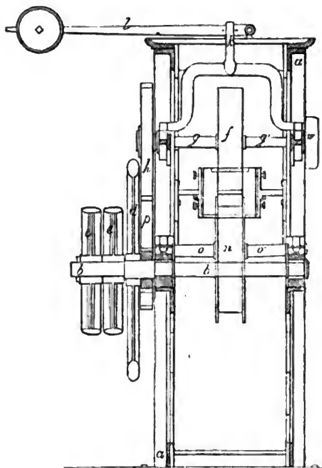
ber dans la grande auge circulaire formant la partie inférieure du bâti de la machine.

D, autre sabot fixé dessous la traverse *dd*; ce sabot est renversé, il touche sans frottement la surface du cylindre B¹, fait le dessus d'un conduit dont le sabot *cc'* est le dessous et force le drap à prendre sa direction vers *c'*.

EE', EE', plaques en bois, cannelées dans le sens de leur longueur et sur leur face tournée du côté des cylindres AA, et B¹, B².



1330.



1331.

M. Benoit, de Nîmes, et MM. Vallery et Lacroix, de Rouen, ont cherché, chacun de leur côté, à modifier le système cylindrique et à éviter les défauts qu'on lui reprochait. Les fig. 1332 et 1333 représentent la machine Vallery et Lacroix. Nous dirons en quoi elle diffère de celle de M. Benoit qu'on comprendra d'après celle-là, sans que nous ayons besoin de multiplier les figures.

Fig. 1332, élévation latérale de la machine à fouler vue extérieurement.

Fig. 1333, même élévation en coupe, laissant voir les dispositions intérieures.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces dans les deux figures.

AA, grand cylindre, mû par une roue d'engrenage, recevant à sa circonférence et dans la gorge que forment les deux joues, la pièce de drap que l'on veut fouler.

B¹, B², B³, cylindres beaucoup plus petits que le précédent ; ils s'emboîtent dans le cylindre AA, et pressent le drap qui est enroulé sur le pourtour de ce même cylindre.

c, sabot qui, porté sur la traverse NN, enlève le drap de dedans la gorge du cylindre AA, et le fait tom-

FF, FF, petites plaques en fonte sur lesquelles sont fixées, au moyen de vis, les plaques en bois EE, EE'. Ces petites plaques sont portées sur les pivots G, G, sur lesquels elles tournent librement.

f, *f*, petits tirants en fer servant à maintenir, à un écartement convenable, des joues du cylindre AA, l'extrémité E' des plaques en bois EE', EE'; ils sont fixés d'un bout au bâti par deux écrous et joints de l'autre aux plaques EE', EE', au moyen d'une goupille.

HHH', HHH', pièces à retour d'équerre un peu contournées vers leur extrémité H', où se trouve fixé le pivot G ; elles sont portées comme les pièces FF, FF, sur des pivots I, I, sur lesquels elles peuvent se mouvoir.

L L, corde dont les extrémités sont nouées aux leviers KK' KK'; cette corde, qui passe sur les deux poulies de renvoi M, M, est chargée en son milieu par le poids M, et tirée sur les deux leviers KK', KK', en tendant à rapprocher l'une de l'autre leurs extrémités K'.

N N, traverse fixée au bâti de la machine portant et le sabot CC' et les pivots I, I, des pièces HHH', HHH'.

DD, autre traverse également fixée au bâti soutenant le sabot D.

1, 2, 3, 4, arbres sur lesquels sont montés les cylindres AA. B^1, B^2, B^3.

P, P, P, crémaillères munies de coussinets sur lesquels sont portés les arbres 2, 3, 4. A leur extrémité inférieure est une tige cylindrique qui passe à frottement doux dans les coussinets S, S, S, en forme de bague, boulonnés sur le bâti de la machine.

p, *p*, *p*, segments dentés, fixés deux à deux sur les arbres O', O', O', et engrenant avec les crémaillères P, P, P.

L', L', L', leviers fixés sur les arbres O', O', O'.

P', P', P', poids pouvant glisser au long des leviers L', L', L', et déterminer ainsi une plus ou moins grande pression sur les dents des crémaillères, au moyen des segments *p*, *p*, *p*, qui les commandent, sur les cylindres B^1, B^2, B^3, et faire appuyer ceux-ci contre le cylindre AA, puisque les arbres 2, 3, 4, sur lesquels ils sont montés, sont portés sur les crémaillères P, P, P, et éprouvent, en même temps qu'elles, toutes les pressions qui leur sont transmises.

Q, Q, Q, galets montés à demeure deux à deux, sur les arbres *n*, *n*, *n*, recevant dans une gorge pratiquée sur leur circonférence le dos des crémaillères P, P, P, et servant de points d'appui et de guides à l'extrémité supérieure de ces crémaillères dans le mouvement longitudinal qu'elles éprouvent.

RR, espèce de conduit porté sur une traverse qui est fixée avec des boulons en dedans du bâti, servant à resserrer la pièce de drap, pour qu'elle puisse passer facilement dans la gorge du cylindre AA.

R'R', planche percée d'un trou ovale livrant le drap au conduit R R.

SS, rouleau qui se trouve entre le conduit R R, et la planche R' R', et sert à faciliter le passage du drap de R' R' en RR.

X X, roue dentée montée sur l'arbre 1, sur lequel se trouve aussi le cylindre AA. Cette roue dentée transmet à ce même cylindre le mouvement qu'elle reçoit d'un pignon X'X', monté sur le même arbre que les poulies L, L', mues par une courroie.

X'' X'', pignon monté sur l'arbre 2, portant le cylindre B^1, et communiquant à ce même cylindre le mouvement qu'il reçoit de la roue XX avec laquelle il engrène.

V, V, traverses recevant les coussinets sur lesquels est posé l'arbre 1. Ces traverses, en forme de T, sont fixées au bâti avec des boulons.

A' A' A' A', bâti de la machine composé de deux joues jumelles.

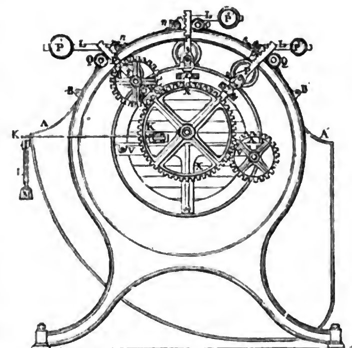
B', boulon à embases servant à assembler et à maintenir d'écartement convenable les jumelles A'A', A'A', du bâti.

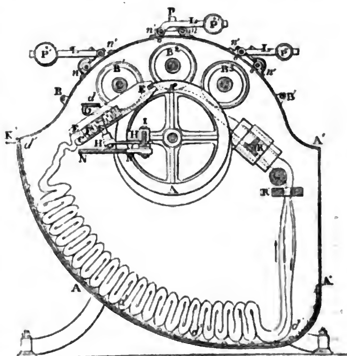
d', *d'*, *d'*, douves qui closent le pourtour de la machine.

Fonctions de la machine. — On passe la pièce de drap que l'on veut fouler dans la planche R' R'; dans le conduit R R; puis on l'introduit entre les cylindres A A et les cylindres B^1, B^2, B^3; enfin, on en coud les deux extrémités.

La machine étant mise en activité, la pièce est entraînée par le mouvement et l'action des cylindres entre lesquels elle se trouve pressée, et, dans ce mouvement, elle se présente successivement et indéfiniment à l'action foulante de chacun d'eux. La pièce de drap, laminée pour ainsi dire par les cylindres, se trouve foulée dans le sens de sa largeur.

1332.





1333.

Le foulage, dans le sens de sa longueur, est produit au moyen des deux planches EE', EE'. Ces deux planches mobiles sur les deux pivots G, G, qui leur servent d'axes, peuvent, à l'aide des pièces HHH', HHH' des leviers KK', KK' et du poids M, qui agit sur ces derniers, s'ouvrir et se fermer vers leur extrémité E, et, au contraire, elles sont toujours maintenues vers leur extrémité E', à une distance fixe des joues du cylindre AA, par les petites tringles en fer *f*, *f*.

En se fermant vers leur extrémité E, les planches EE', EE', s'opposent à la libre sortie du drap de dessous les cylindres A et B^1, il en résulte qu'il s'amasse, en se repliant sur lui-même, dans le canal formé par les deux sabots C et D et les planches EE', EE', emplit complétement ce canal, et s'y tasse jusqu'à ce qu'il puisse vaincre la résistance des planches EE', EE' qui le pressent sur les côtés. Alors il les écarte pour leur faire prendre une position parallèle ou presque

parallèle, s'échappe mollement et tombe d'une manière continue et régulière dans l'auge circulaire qui forme la partie inférieure du bâti de la machine.

Les planches EE', EE', sont cannelées, pour que les plis du drap, suivant les cannelures comme autant de guides, ne puissent se déranger dans leur trajet le long de ces planches.

Comme d'un côté on peut, au moyen des leviers L, L, L, et des poids de pression P', P', P', faire peser plus ou moins les cylindres B^1, B^2, B^3, sur le cylindre AA, et déterminer plus ou moins de foulage dans le sens de la largeur, et comme d'un autre côté, on peut, en variant la pesanteur du poids M, opposer une plus ou moins grande résistance à la sortie du drap, et accélérer ou retarder ainsi à volonté son foulage dans le sens de la longueur, il résulte que l'on a la faculté de maintenir constamment les deux foulages dans le rapport le plus convenable.

On voit que cette machine diffère surtout de celle de MM. Halle-Powels et Scott, en ce que l'écartement entre les gorges peut varier non seulement avec le changement de poids ; mais encore avec la même pression lorsque l'étoffe vient à s'accumuler et à former obstacle, grâce à l'ingénieuse disposition des crémaillères. Une autre modification importante est celle du mode de foulage en longueur. Il se fait ici par les joues cannelées longitudinalement, donne un caractère particulier et fait facilement reconnaître le tissu foulé par ce procédé, qui n'a pas les inconvénients de celui produit exclusivement par le laminage, ni ceux que fait éprouver le système qui n'agit que par la percussion.

Le système Benoît combine également la pression à la percussion pour opérer le travail.

La pression pour le foulage en largeur se fait par des poulies ou cylindres alimentaires sans rebords, la percussion pour fouler en longueur a lieu par un fouloir rotatif à galets ; ce sont deux galets tournant autour de leur axe qui sont entraînés dans la rotation de deux bras en fonte et qui viennent alternativement frapper sur le drap replié sur lui-même, sur *une table de foulage* qui se trouve à la sortie des poulies ; cette machine ingénieuse a été décrite en détail dans la publication de M. Armengaud.

Un drap bien foulé doit avoir les dimensions exigées : être rentré par conséquent suivant les proportions indiquées, sa largeur doit être de 3 centimètres environ moindre que celle de la pièce terminée, les apprêts par les tensions réitérées ramènent ordinairement cette largeur, qui doit être la même sur toute la longueur.

Les plis du drap doivent avoir disparu ; il doit être exempt de taches et d'échauffures.

On procède à une visite de la pièce après son foulage pour s'assurer si toutes les conditions ont été réalisées.

Apprêts. Toutes les opérations et manipulations que l'on fait subir au drap, à partir du foulage pour le terminer, sont rangées dans la spécialité des apprêts, qui a pour but, comme le nom l'indique, de donner les apparences si recherchées dans les tissus et surtout dans les étoffes de luxe ; aussi ces apprêts sont-ils proportionnés dans la draperie à sa finesse.

Lainage ou *garnissage*. Le duvet formé par les filaments qui se trouvent à la surface des fils de laines a été énergiquement froissé pendant le travail du foulage ; la première opération des apprêts a pour but : de tirer ces filaments à la surface de l'étoffe, de la ranger parallèlement de manière à la garnir de façon à former une couche de duvet homogène, d'égale hauteur, et qui recouvre autant que possible les traces laissées par le croisement des fils au tissage.

Ce travail doit être exécuté avec ménagement, de manière à ne pas rompre les filaments.

Les chardons naturels, disposés comme nous le verrons plus loin, ont été considérés jusqu'ici comme parfaitement propres à opérer cette espèce de peignage du duvet formé par les filaments, qui garnissent la surface des fils.

Tondage. Lorsque ces filaments ont été relevés et tirés suivant leur longueur naturelle ils forment une sorte de fourrure composée d'une quantité innombrable de filaments d'inégales dimensions sur toute la surface de la pièce. Cette fourrure doit être égalisée de façon à rendre l'aspect de l'étoffe plus net, plus fin, plus moelleux et plus brillant ; c'est en coupant les filaments tous à la même hauteur avec des machines, que nous allons décrire, qu'on les égalise.

Cette opération se nomme le *tondage*, elle est pratiquée alternativement avec le lainage et d'autant plus répétée qu'on l'exécute sur des draps plus fins.

Pour ménager les filaments et ne pas les rompre, il faut avoir soin de mouiller complétement le drap et de lainer pendant qu'il est encore humide. Cette humidité a de plus l'avantage de faire contracter le tissu, et, par conséquent, de dégager davantage les filaments. Le passage de toute la surface d'une pièce sur les chardons se nomme une *voie*.

La répétition successive de ces passages pendant un lainage est ce qu'on a désigné par donner *une eau*.

Un drap ordinaire est lainé jusqu'à cinq fois, c'est-à-dire reçoit cinq eaux à des périodes différentes ; le nombre des courses, de passages ou de voies, varie et va en augmentant, excepté pour la dernière que l'on nomme *gitage* et qui n'a pour but que de démêler les filaments.

Voici, d'ailleurs, le nombre de voies tel qu'on l'applique le plus généralement pour des draps, dans les prix de 18 à 20 francs le mètre.

Pour la	première eau, on donne		40	voies
—	deuxième,	—	60	—
—	troisième,	—	80	—
—	quatrième,	—	100	—
—	cinquième ou gitage,	—	20	—

Le chardon, pendant ces opérations, s'use, comme on le conçoit, et a besoin d'être changé ; comme il ne travaille que d'un côté, on le retourne de l'autre, lorsque le premier est hors de service, ce qui arrive ordinairement après dix voies, et on le change complétement après vingt courses.

Le *tondage* s'opère sur le drap sec, et après chaque lainage. La tonte de toute la surface de la pièce se nomme une coupe.

On procède généralement, après la première eau, par donner deux coupes, à l'endroit, puis à l'envers, pour enlever la bourre formée par le foulage et rendre l'envers très propre et net. Après la deuxième eau, l'on ne tond plus qu'à l'endroit, on continue à ne donner que deux coupes, jusqu'après la quatrième eau ; l'opération se finit complétement après la cinquième, et lorsque le drap est retiré de la rame on donne alors au moins trente coupes.

Jusqu'alors, c'est-à-dire tout le temps que le drap n'est pas ramé, on le dit à l'état de *traversage*, et les opérations ne prennent réellement le nom d'apprêts qu'à partir de ce moment.

Les coupes doivent être données le plus régulièrement possible et de manière à arriver graduellement le plus près qu'on peut du tissu, sans cependant l'attaquer assez près pour saisir et laisser entrevoir les croisements des fils, ce qui serait un défaut. Pour les couleurs vives et éclatantes, telles que l'écarlate, la jonquille, les bleus-clairs, on a soin de tondre un peu moins près, afin que la lumière qui est plus réfléchie par le duvet donne plus de brillant aux nuances ; les couleurs foncées qui absorbent la lumière doivent au

1334.

1335.

contraire être tondues le plus court possible, afin de donner un grain plus fin.

Le lainage et le tondage, comme la plupart des opérations, se firent exclusivement à la main, jusqu'à l'introduction des machines de Douglas, pour la fabrication des draps, qui fut provoquée et protégée par le gouvernement de la République et de l'Empire; cette introduction comprenait déjà une machine à lainer, mais le tondage se faisait encore avec de grands ciseaux nommés *forces*.

La machine à lainer par Douglas fut successivement modifiée, tout en conservant son premier principe, et elle est devenue aujourd'hui une excellente machine que nous allons décrire; nous donnerons ensuite également la description des ingénieuses machines à tondre qui ont été inventées quelques années plus tard et dont on se sert généralement aujourd'hui.

Les fig. 1334 et 1335 représentent une élévation de face et une section de la machine à lainer. A B C D A' B' C' D', est le cadre solide en fonte d'une pièce, ayant ses pieds un peu plus larges en dedans qu'en dehors et boulonnés à des blocs engagés dans le socle de pierre.

Les deux piliers sont unis en bas par deux traverses A'', fixées par de grosses vis aux oreilles a'', a'', et en haut par la barre de fer D, dont les bouts sont maintenus par des écrous aux points D', D'. Le tambour est monté sur un axe de fer F, qui porte à son extrémité de droite (fig. 1334), extérieurement au cadre, les poulies fixes f', f', qui font mouvoir la machine par une courroie sans fin venant du moteur.

A son extrémité de droite, en dedans du cadre, l'axe F porte un pignon conique F', pour transmettre le mouvement au drap comme on l'expliquera ensuite. Trois croisillons G, dont l'un est représenté dans la section (fig. 1335), sont comme d'ordinaire fixés par une clavette sur l'axe F. Leur contour est une bande sinueuse avec vis à cavités à demi-cylindriques, séparées par autant de portions de la circonférence.

L'un de ces trois croisillons est placé au milieu de l'axe F,

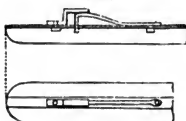
et les deux autres vers ses extrémités. On peut juger de leurs dimensions par la figure.

Ces côtés sont formés de feuilles de fer courbées, en forme de gouttière (fig. 1335), mais arrondies au bout et chacun d'eux est fixé aux trois jantes des croisillons par trois boulons *h*. La partie élastique de la plaque de fer permet de les ajuster assez bien, pour que leurs portions plates, les plus éloignées du centre puissent presque s'étendre sur une surface cylindrique dont l'axe coïnciderait avec celui de l'arbre F.

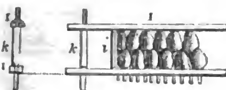
Entre les seize côtés, il y a seize intervalles qui correspondent aux seize cavités de chacun des croisillons. Dans ces intervalles sont ajustés, avec les précautions convenables, seize cadres portant les chardons qui doivent agir sur le drap ; ils sont disposés de la manière suivante :

Chacun d'eux a la forme d'un rectangle, d'une longueur égale à celle du tambour, mais d'une largeur seulement assez grande pour contenir deux têtes de chardon placées bout à bout, formant ainsi deux rangs

1336.



1337.



1338.

de chardons parallèles dans toute la longueur. La fig. 1338 représente une portion du cadre.

Le large côté I, contre lequel posent les extrémités supérieures des chardons, est creusé en demi-cylindre, et son côté opposé est fendu dans toute son étendue, pour recevoir les queues des chardons qui y sont placées et comprimées.

Il y a de plus des traverses *i* qui servent à maintenir les côtés du cadre I, à une distance invariable, et à former de petits compartiments pour tenir les chardons serrés les uns contre les autres. Les bouts sont fortifiés par des barres plus fortes K, K, avec des boulons en saillie, pour fixer les cadres entre les côtés.

La distance des côtés du cadre I I', doit être telle, que si un cadre est posé sur le tambour, dans l'intervalle de deux côtés, le côté I posera sur le plan incliné de l'un des côtés, et le côté I', sur le plan incliné de l'autre, pendant qu'en même temps les barres K, des deux bouts du cadre, posent sur la partie plate des côtés mêmes. Ce point étant assuré, il est évident que si les bouts des barres *k* sont arrêtés, le cadre sera fixé ; mais il n'est pas besoin qu'ils soient fixés d'une manière permanente, puisqu'il faut les enlever et les replacer fréquemment. Ils sont attachés par une espèce de clanche (fig. 1336), qui est fermée à un bout, et fournie à l'autre d'un ressort, qu'on peut ouvrir ou fermer a volonté. 2 et 4 dans la fig. 1335 (près du bout de droite de l'axe F), montrent la place occupée par cette clanche, en levant son autre bout, puisqu'on baisse le cadre dans le croisillon de gauche.

Le drap est roulé sur le rouleau inférieur Q, figure 1335, de là il passe en contact avec un cylindre de bois T, tournant sur un axe, et s'avance vers le rouleau supérieur P, sur lequel il est roulé par un mouvement contraire ; le drap retourne du rouleau P à Q, en passant sur le cylindre T, et peut ainsi aller de l'un à l'autre autant de fois qu'il le faudra. Dans ces différents circuits, il est présenté à l'action des chardons, sous certaines conditions.

Pour que l'opération soit faite d'une manière convenable, il faut que le drap soit également tendu dans toute largeur pendant qu'il se meut : il faut qu'il soit plus ou moins en contact avec le tambour, suivant la nature du drap et le progrès de l'opération. Ne décrivant parfois qu'une tangente sur la surface, et parfois embrassant une portion plus ou moins grande de son contour, il faut qu'il se meuve avec une vitesse déterminée, dépendant de la rapidité du tambour, et calculée de manière à produire le meilleur résultat. La machine elle-même doit faire passer alternativement l'étoffe d'un rouleau à l'autre.

Dans la fig. 1334, à droite de la machine, se trouve un arbre vertical L, aussi haut que le bâti qui tourne avec une grande facilité dans le pivot du bas *l* ; le tourillon du milieu *l'* et du tourillon du haut *l''* dans le prolongement de la barre D ; sur cet arbre vertical sont montés : 1° une roue conique L ; 2° un pignon aussi conique M avec son manchon M' ; 3° un pignon inférieur conique N avec également un manchon N'.

La roue L est fixée sur l'axe L, et lui communique le mouvement de rotation qu'elle reçoit du pignon *f* avec lequel elle est en rapport; mais le pignon *f*, qui est monté sur l'arbre F du tambour, participe au mouvement de rotation que cet arbre reçoit du premier agent par le moyen de la poulie fixe *f'*. Le pignon supérieur M est indépendant sur l'arbre L, c'est-à-dire qu'il peut glisser le long, de haut en bas, sans être mû par lui ; mais on peut l'engrener ou désengrener à volonté au moyen d'un manchon d'embrayage M'.

Le pignon N et son manchon sont, par un mode semblable, mis en rapport l'un avec l'autre ou séparés.

Les manchons à embrayage ou débrayage M' et N' doivent être mus simultanément, afin de désengrener l'un pendant que l'autre engrène.

L'arbre L sert à mettre le drap en mouvement, au moyen des roues coniques P'' et Q'', qui se trouvent sur les extrémités des barres P et Q, et qui s'engagent dans les pignons M et N.

Le mécanisme destiné à étendre le drap est placé à l'autre bout de la machine, où les axes des rouleaux P et Q, sont prolongés au delà du cadre et portent à leurs extrémités les poulies P' et Q', dont chacune est armée d'un frein.

Le rouleau P (fig. 1334) tourne dans une direction opposée au tambour, par conséquent le drap est roulé sur P et déroulé sur Q; si, pendant que cela se passe, la poignée R de l'axe des freins est tournée de manière à fermer le frein de la partie Q' et à relâcher celui de la poulie P', il est évident qu'il y aura une résistance plus grande ou plus petite dans le rouleau Q, et le drap qui le tire en se déroulant ne pourra le faire tourner que lorsqu'il aura acquis la tension nécessaire; il faudra donc, pour accroître ou diminuer la tension, tourner le manche R' plus ou moins dans la direction qui arrête le frein de la poulie Q', et comme le serrage agit d'une manière très uniforme, il y aura également une tension très uniforme, pendant tout le temps que le drap passera.

De plus, si la diminution du diamètre du rouleau Q, rend la tension moins efficace, il faut desserrer faiblement le frein pour rétablir la tension primitive.

Lorsque le drap doit passer du rouleau P au rouleau Q, il faut baisser Z pour désengrener l'arbre L et engrener M' ; alors le rouleau de drap Q, étant mû par cet arbre vertical, tournera dans la même direction que

le tambour, et roulera le drap autour de sa surface.

Afin que cela puisse être fait avec une tension convenable, il faut laisser libre la poulie Q' en fermant le frein de la poulie P', de manière à opposer une résistance proportionnée.

Le drap est mis plus ou moins en contact avec le tambour de la manière suivante. Il existe pour cela un rouleau de bois T, contre lequel il porte en passant du rouleau Q au rouleau P, dont on peut changer la position relativement au tambour.

Il est évident, par exemple, qu'en partant de la position représentée dans la fig. 1335, où le drap décrit presque une tangente sur le tambour, si le rouleau T est haussé, le drap cessera de le toucher et que si au contraire il est baissé, le drap embrassera le tambour sur une position plus ou moins grande de sa circonférence. Pour produire ces effets, le rouleau est porté à chacune de ses extrémités par des goujons de fer qui se trouvent sur les têtes d'une crémaillère en arc T'' où il est simplement tenu par des goupilles; ces crémaillères ont la même courbure que le cercle du cadre auquel ils sont ajustés par deux boulons, et au moyen de fentes que traversent ces boulons, ils peuvent glisser de haut en bas, et par conséquent hausser ou baisser le rouleau T.

Mais pour graduer les mouvements et les rendre égaux dans les deux crémaillères, il existe un arbre V, soutenu par les piliers du cadre, et qui porte à ses deux bouts des pignons V', V'', qui communiquent avec les deux crémaillères T', T.

Cet arbre s'étend sur le devant du cadre et porte à son extrémité une roue à déclic v et un manche Y'. L'ouvrier n'a donc besoin que de saisir le manche, et de le tourner dans la direction de la roue à déclic pour hausser les crémaillères et le rouleau T qu'ils portent, ou de lever le cliquet, et de tourner le manche dans la direction contraire, quand il veut baisser le rouleau de manière à appliquer le drap sur une portion plus grande du tambour.

Les têtes de chardons dont on se sert pour le lainage sont celles de la plante que les botanistes connaissent sous le nom de *dipsacus fullorum*. Les petites pointes recourbées comme un hameçon, leur dureté et leur élasticité les rendent parfaitement propres au travail qu'elles ont à exécuter; mais le chardon le plus recherché par les fabriques du nord est en grande partie récolté dans le midi, quoique presque tous les terrains puissent cependant en fournir, mais sans que leur production offre les mêmes avantages dans les différentes localités : c'est donc une matière dont le prix est variable avec l'abondance et la rareté de sa récolte.

Cette circonstance, les soins de séchage qu'on est obligé de leur donner après chaque lainage pour empêcher la détérioration des pointes, le travail qui ne se fait que par les parties culminantes du chardon, le nettoyage qu'ils exigent pour enlever la laine qui s'y est attachée pendant le travail, sont autant de raisons qui ont dû provoquer des recherches pour substituer une autre mode de lainage ou pour arriver à créer des chardons artificiels en métal. De nombreuses et ingénieuses tentatives en France et en Angleterre jusqu'à ce jour sont demeurées sans succès, aucune d'elles ne réalisant autant de conditions favorables que le chardon naturel, malgré les inconvénients que nous avons signalés.

On a fait aussi des essais, et pris des brevets pour des machines circulaires dans lesquelles au lieu de faire agir les pointes des chardons perpendiculairement aux fils de la trame comme cela se pratique, on les faisait travailler circulairement et obliquement sur la surface du drap.

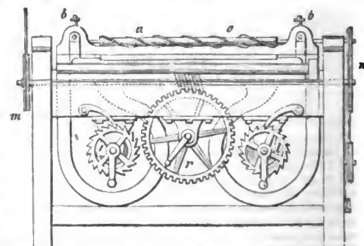
D'autres essais ont été faits qui avaient pour but de soutenir le drap du côté opposé à celui du lainage pendant qu'on pratiquait ce travail.

On a aussi tenté de combiner des applications de vapeur avec l'action du lainage, en disposant des tuyaux de vapeur sur le cylindre à chardons dans le sens de la longueur des cadres qui les portent et entre ces cadres, l'étoffe serait ainsi soumise alternativement à la chaleur et à l'humidité. Nous ne croyons pas devoir nous arrêter à la discussion de ces différents procédés, aucun d'eux n'ayant survécu et ne devait à notre avis survivre.

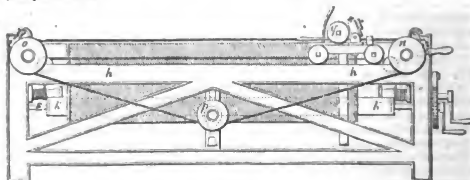
Tonte du drap. Parmi les machines pour tondre les tissus de laine, celles de Lewis et de Davis ont été très généralement employées. Ces machines ont été introduites en France par G. Collier où elles sont connues sous son nom.

La fig. 1339 représente le bout et la fig. 1340 un profil de la machine de Lewis pour tondre le drap d'une lisière à l'autre.

La fig. 1341 représente le chariot avec la table de la machine sur une échelle plus grande; *a*, est un cylindre de métal, sur lequel est fixée une lame d'acier triangulaire; ce fil est préalablement plié autour du cylindre en forme d'hélice comme le représente *a a*, dans la fig. 1339.



1339.

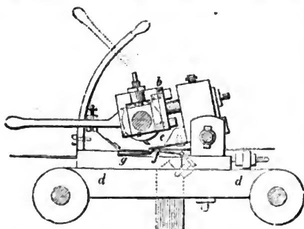


1340.

Cette lame est en acier trempé et constitue le couteau destiné à raser le drap.

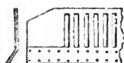
L'axe du cylindrique *a* tourne dans le cadre *b*, qui, ayant des ajustements convenables, est monté sur des pivots *c*, qui se trouvent dans le montant du chariot *d d*; *e*, est la lame fixe attachée à la barre *f* qui constitue l'autre bord du coupeur, c'est-à-dire la lame station-

naire qu'on nomme lame femelle et contre laquelle agissent les bords du coupeur tournant auxquels on donne



1341.

le nom de lame mâle ; *f* et *g*, sont des ressorts plats destinés à tenir le drap indiqué par des points contre les


1342.


1343.

bords coupants. On voit par les fig. 1342 et 1343 que ces ressorts *f* et *g* sont des plaques minces de métal coupées en bandes étroites ou percées de longs trous. Leur but est de soutenir le drap qui doit passer entre, et d'opérer comme un lit à ressorts, appliquant la surface du drap contre les coupeurs, de manière à ce que le duvet ou poil puisse être tondu, à mesure que le chariot *d* est tiré le long des rails supérieurs du bâti de la machine *h h*, au moyen de courroies commandées convenablement.

La pièce de drap que l'on veut tondre est roulée sur le rouleau *k*, et son bout dirigé à travers la machine, entre les ressorts plats *f g*, (comme on le voit dans la fig. 1344), vers l'autre rouleau *l*, puis attaché; les côtés ou lisières du drap étant tenus étendus par de petits crochets. Le drap ainsi placé dans la machine et fortement tendu est maintenu dans cette position au moyen de roues à rochets qui se trouvent sur les bouts des rouleaux *l* et *l*. Au commencement de l'opération de la tonte, le chariot *d* doit être ramené en arrière, comme dans la fig. 1340, de manière à ce que les coupeurs soient tout près de la lisière; le cadre des coupeurs est levé sur ses pivots, quand il recule, afin de ne pas endommager le drap, mais on le baisse ensuite avant de le faire agir. Une manivelle est appliquée à la poulie *m* qui, au moyen d'une corde sans fin, passée autour de la poulie *n* à l'extrémité opposée de l'axe *m* et autour des autres poulies *o* et *p* et de la petite poulie *q* sur l'axe du coupeur cylindrique, donne à ce coupeur un mouvement de rotation très rapide; pendant ce temps une vis sans fin qui se trouve sur l'axe de *m* et *n* s'engageant dans les dents de la grande roue *r*, fait tourner cette roue, et un petit tambour *s* placé sur son axe pour rouler la corde, de manière que le chariot *d* avec les coupeurs *a* et *e*, et le lit à ressorts *f* et *g*, sont lentement, mais progressivement, avancés, et portent les coupeurs sur la surface du drap d'une lisière à l'autre, la rotation rapide du cylindre coupant *a* effectuant l'opération de la tonte.

Sur le cylindre coupant, entre les lames en spirale, on a proposé de placer des bandes de panne, en guise de brosses, pour relever le duvet ou poil à mesure que le cylindre agit, et par conséquent mettre les pointes de la laine en contact avec les coupeurs.

La même invention a été adaptée à une machine pour tondre le drap dans le sens de sa longueur.

La fig. 1344 représente une élévation géométrique de l'un des côtés de la machine établie par M. Davis. La fig. 1345, est un plan horizontal de la même machine, vue d'en haut, et la fig. 1346 une section prise verticalement en travers de la machine, près du milieu, afin de montrer les parties actives mieux que dans les deux autres figures précédentes. Ces trois figures représentent une machine complète fonctionnant, les coupeurs agissant par un mouvement de rotation et le drap étant placé sur le chariot, de manière à être tondu d'un côté à l'autre; *a a a*, est le cadre de bois ou de fer, parfaitement assemblé par des traverses aux deux bouts et au milieu sur les côtés supérieurs du cadre. Il y a une série d'axes portant les rouleaux-guides, *b*, *b*, *b*, sur lesquels passent les barres latérales *c*, *c*, du cadre qui porte le drap, lorsqu'il passe sous les coupeurs dans l'opération de la tonte. Les côtés latéraux *c*, *c*, sont des barres de fer droites, ayant à leur partie inférieure des tranchants qui se meuvent facilement sur les rainures des rouleaux *b*, *b*, *b*. Ces côtés latéraux sont fortement unis par les traverses du bout. Le cadre glissant est muni des deux rouleaux inférieurs *e*, *e*, sur lesquels est roulé le drap que l'on veut tondre, des deux rouleaux supérieurs et latéraux *f*, *f*, sur lesquels le drap est conduit et soutenu, et des deux rouleaux du bout *g*, *g*, au moyen desquels les barres *h*, *h*, sont tendues.

Quand on se prépare à tondre une pièce de drap, toute la longueur de la pièce est d'abord roulée fortement sur l'un des rouleaux inférieurs *e*, qui doit être un peu plus long que la largeur du drap d'une lisière à l'autre.

On lève ensuite le bout de la pièce et on le passe par dessus les rouleaux latéraux *f*, *f*, d'où on le ramène sur l'autre rouleau *e*, et l'on attache ce bout à ce rouleau. Les crochets des barres *h*, *h*, sont alors engagés dans les lisières, et les deux rouleaux inférieurs *e*, *e*, ainsi que les deux rouleaux *g*, *g*, sont tournés afin de tirer le drap et de le tendre, laquelle tension est maintenue par des roues à rochets fixées aux bouts des rouleaux respectifs, ayant des cliquets qui s'engagent dans leurs dents.

On fait glisser avec la main, sur les barres du haut, le cadre qui porte le drap, de manière à ce que la lisière soit presque près du coupeur *i i*, prêt à commencer l'opération de la tonte; on hausse alors le lit qui présente le drap aux tranchants des ciseaux.

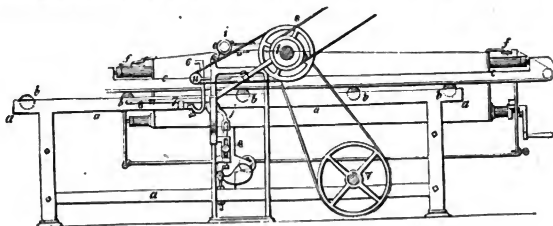
En considérant la section transversale, fig. 1346, on aura une idée de la construction du lit. Il est composé d'un rouleau de fer ou d'un autre métal *h*, *h*, ayant la forme d'un cylindre parfait, et recouvert de drap ou de cuir, afin que l'élasticité existe à un faible degré. Ce rouleau est monté sur des pivots dans un cadre *l l*, et il est soutenu par un rouleau plus petit *m*, monté de la même manière, lequel rouleau a pour but simplement de prévenir toute courbure ou dépression de la partie centrale du rouleau supérieur ou lit *k k*, de manière à ce que le drap soit tenu en contact avec toute la longueur des lames coupantes.

Afin que le lit *k* puisse se lever et tomber, pour présenter aux coupeurs le drap qui doit être tondu, ou pour le baisser après l'opération, le cadre *l l*, peut glisser du haut en bas dans le support, ou table à rainure *n n*, indiquée par des points.

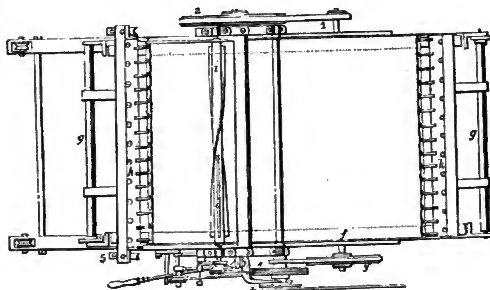
Ce support est situé vers le milieu de la machine, la traversant précisément sous les coupures, et il est fixé au cadre *a* par des boulons et des vis. Il y a un levier *o*, fixé à la barre transversale du support, qui tourne sur un axe qui lui sert de point d'appui. Le bout du bras le plus court de ce levier agit sous le centre du cadre glissant, de sorte qu'à l'aide du levier *a*, le cadre glissant ainsi que le lit, ceux-ci sont haussés ou baissés, et quand ils sont haussés, retenus par un cliquet à ressort *j*.

LAINES.

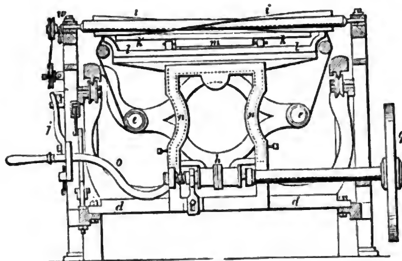
Après avoir expliqué la construction du lit qui supporte le drap, et comment il est levé de manière à tenir le drap en contact avec les coupeurs pendant l'opération de la tonte, il est nécessaire maintenant de décrire la manière dont sont construits les coupeurs et comment ils fonctionnent ; ce coupeur est représenté sur une plus grande échelle dans la fig. 1347.



1344.



1345.



1346.



1347.

1348.

Dans cette figure on représente une partie des coupeurs dans la même position que dans la fig. 1346, et à côté (fig. 1348) se trouve une section des mêmes coupeurs, prise à angles droits. Dans la première, *p*, est une barre ou côté métallique, ayant un peu la forme d'un coin, qui est fixée au sommet du support ou table *a a*, et qu'on voit mieux dans la fig. 1344. A cette barre est attachée, au moyen de vis, une lame droite d'acier *g*, dont le tranchant s'avance parallèlement au centre du coupeur cylindrique *i*, et forme le tranchant inférieur fixe des ciseaux. Cette lame reste stationnaire, et se trouve en contact avec le poil ou duvet du drap, quand on hausse le lit *h*, de la manière que nous avons décrite plus haut.

Le coupeur ou lame supérieure mâle des ciseaux est formé par l'insertion dans les rainures du cylindre métallique *i i*, de deux lames d'acier *r*, *r*, disposées dans des directions telles qu'elles s'entrelacent ; les tranchants de ces lames *r*, pendant le mouvement du cylindre *i*, passent le long du tranchant de la lame fixe *g*, et par leur obliquité coupent comme des ciseaux, les tranchants des deux lames saisissant le poil ou duvet, lorsque le drap passe dessous, rasent les bouts de laine superflus et laissent la surface unie.

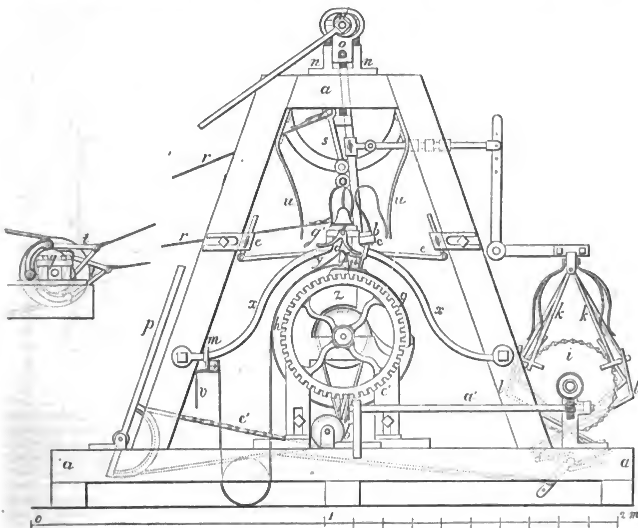
Le mouvement de rotation imprimé au cylindre *i*, au

moyen d'une courroie venant d'une roue *s*, qui passe autour de la poulie fixée au bout du cylindre *i*, la roue *s* étant mue par une bande venant du métier et passée autour de la poulie *t*, fixée sur l'axe *s*.

Cette courroie est tendue par une poulie de tension *u*, montée sur une piece mobile *v*, qui peut s'ajuster et qui est fixée au bâti par une vis, et ce bâti ou support peut être haussé ou baissé, par conséquent mis en rapport ou hors de rapport par un embroyage et un levier, ce qui met en mouvement la machine ou l'arrête.

Pour donner au coupeur un coup allongé, dont l'effet est de mieux tondre le drap, le coupeur supérieur a une action légèrement latérale, provenant de ce que barre latérale inférieure du bâti *a*. A l'extrémité opposée de cet axe se trouve une autre petite poulie 1, de laquelle une courroie passe à une roue 2; fixée sur l'axe 3, qui traverse près du milieu de la machine, et que l'on voit dans la fig. 1344. Sur cet axe se trouve une poulie autour de laquelle passe plusieurs fois une corde, dont les bouts sont attachés aux extrémités du chariot *d*. Lorsque cette poulie est donc attachée à l'axe, ce qui a lieu au moyen d'un embrayage, les mouvements de la machine que nous avons décrite font tourner la poulie 4, et au moyen de la corde passée autour, attirent progressivement et lentement sous les coupeurs le cadre et le drap.

Il nous reste seulement à indiquer comment la ma-



1349.

l'axe du cylindre coupeur est assez long pour pouvoir glisser latéralement d'environ 0m,02 dans ses coulisses; ce monvement est effectué par un manchon à gorge inclinée fixé à l'un des bouts. Ce manchon est formé par une rainure oblique taillée autour de l'axe (voyez *w*, figure 1347) et une dent *x*, fixée au cadre, et qui s'y engage quand le cylindre tourne. C'est par le moyen de cette dent que le cylindre glisse latéralement, d'une distance égale à l'obliquité de la rainure *w*, ce qui produit le coup allongé de la lame supérieure. Pour que la rotation du cylindre coupeur ne soit pas arrêtée par le frottement, la dent *x* est faite de deux pièces un peu séparées, de manière à ce qu'il y ait un faible degré d'élasticité.

Le drap passe progressivement sous les coupeurs de la manière suivante; sur l'arbre de la roue (fig. 1345), et immédiatement derrière cette roue, il y a une petite poulie de laquelle passe une courroie sur une roue *g*, montée sur un arbre tournant dans des supports sur la chine cesse définitivement quand la lisière arrive aux coupeurs.

Au bout de l'une des barres *h*, se trouve un arrêt fixé par un écrou 5, qui, lorsque le chariot est avancé, est amené à presser un levier 6; alors un bras de ce levier agissant sous un cliquet 7, lève ce cliquet et permet au levier à main, que presse un fort ressort, de dégager le manchon de la roue 8, ce qui arrête le mouvement de la machine.

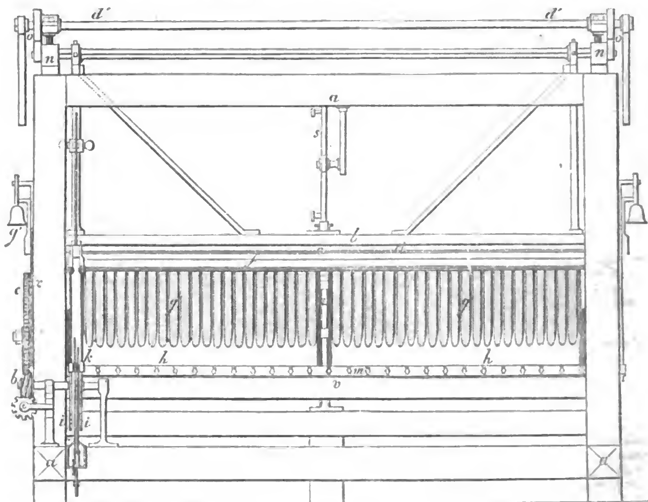
La partie inférieure du levier 6, étant jointe par une articulation au sommet du levier *j*, le levier 5, en se retirant, retire le cliquet inférieur *j*, et permet au cadre glissant *l l*, de descendre. En tournant alors les rouleaux inférieurs *e*, *e*, une nouvelle portion du drap se présente pour être tondue, et lorsqu'elle est convenablement tendue par les moyens décrits plus haut, on glisse le chariot en arrière, et toutes les parties de la machine étant mises en jeu, l'opération a lieu comme auparavant.

M. Abraham Poupart, de Sédan, inventa une machine remarquable, qui est moins en usage que celles que nous venons de décrire, mais dont on fait encore un assez fréquent emploi aujourd'hui.

La fig. 1350 représente une vue de face de cette machine. La fig. 1349, une élévation latérale, et la fig. 1351, une élévation particulière sur une plus grande échelle de la table et des lames qui opèrent la tonte, ainsi que du balancier.

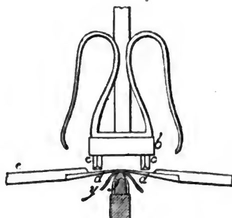
a, assemblage pyramidal en bois d'environ 2 mètres de long sur 1m,66 de haut et 1m,75 de largeur moyenne, portant à la partie inférieure des lames d'acier fondu *c*. Le mouvement de ce balancier fait passer ces lames sur deux autres lames *d*, fixes ou dormantes, parallèles, dites femelles, qui produisent la tonte à double effet, c'est-à-dire qu'elle a lieu sur tous les mouvements de va-et-vient du balancier. Le nombre de lames que porte ce balancier est indéterminé ; il peut être de quatre, six et plus, suivant qu'on désire abréger plus ou moins la tonte.

La tonte opérée sur tous les mouvements du balancier par les lames *d*, produit un effet très avantageux, en ce



1350.

que les coupes étant données successivement de droite à gauche et de gauche à droite, le poil du drap s'arrondit, se divise et acquiert une grande douceur.



1351.

formant le bâti qui supporte et réunit toutes les pièces qui composent la machine.

b, balancier en fer de 0,66 de haut sur 1,66 de large,

e, bras portant les lames femelles *d*.

f, table élastique en fer recouverte d'un cuir et soutenant le drap sous les lames; ses dimensions, aussi bien que celles de toute la machine en général permettent de tondre le drap longitudinalement ou transversalement.

g, deux cylindres en bois cerclés, ou enveloppés de cardes, qui accrochent le drap en dessous de la table élastique pour l'entraîner et le diriger à la toute; le mouvement de ces cylindres dans la tonte transversale fait marcher le drap jusqu'à ce que les lisières se trouvent sous les tranchants des lames fixes; le mouvement rétrogradant alors soustrait la lisière à l'action de la tonte, sans néanmoins que cette tonte cesse d'avoir lieu sur le drap, quoique marchant en sens contraire.

Il est à remarquer ici que le drap n'étant que légèrement tendu dans la partie qui forme une ligne tangente du point des lames fixes à celui de la courbe des cylindres où le drap s'accroche, il en résulte que le drap ne

s'élargit point, qu'il conserve sa force et sa qualité, que la distance du point des lames fixes à celui de la courbe des cylindres étant invariable, produit une marche régulière, et par conséquent une tonte parfaitement égale.

h, chapes en tôle demi circulaires et mobiles, enveloppant une partie des cylindres *g*, détachant le drap et empêchant qu'il ne roule sur ces cylindres; des dents courbes qui terminent ces chapes, plongeant dans l'entre-deux des rubans de cardes qui garnissent les cylindres *g*, font, par le mouvement de ces cylindres, monter le drap sur les chapes et le détachent des cardes.

i, deux rochets imprimant le mouvement circulaire et rétrograde aux cylindres au moyen de cliquets *k*, communiquant au balancier; ces rochets sont fixés sur un même axe, leurs dentures sont en sens contraires; les cliquets s'engagent alternativement par un mouvement de leviers croisés *l*, sur l'un ou l'autre des rochets changent le mouvement circulaire suivant le sens des dents, l'arbre qui communique les divers mouvements aux cylindres est encore construit de manière à ce que le mouvement augmente ou diminue de vitesse, pour accélérer ou ralentir la marche du drap.

m, deux coulisses en tôle dirigeant les lisières pour les soustraire à la tonte; dans l'intérieur de ces coulisses se trouvent des molettes placées à des distances très rapprochées, de manière qu'en y introduisant la lisière elles la pénètrent et la maintiennent latéralement, et qu'en tirant par les extrémités, les molettes en tournant la laissent venir et produisent ainsi un crochetage continu.

n, palier du balancier, mû par le secours d'un arbre excentrique, un mouvement vertical règle la pression des lames mobiles sur les lames fixes et fait cesser la tonte à volonté. Ces paliers ont leurs coussinets en cuivre *o*, qui forment chapes à l'arbre excentrique qui les unit.

p, levier servant à opérer tous les changements de mouvement de la machine en simplifiant la manœuvre au point qu'un enfant peut la diriger.

q, excentriques montés sur un arbre tournant et changeant le mouvement circulaire continu du moteur en mouvement alternatif et d'oscillation.

Ces excentriques tournent dans des chapes à galets *t*, qui communiquent au moyen de courroies à une bascule *s*, qui transmet ce mouvement d'oscillation au balancier.

u, ressorts de renvoi réglant la course du balancier et détruisant la force d'inertie dans les changements de mouvement.

v, étoffe fixée aux coulisses *m*, qu'elle entraîne suivant le mouvement des cylindres *g*.

x, guides et supports des coulisses *m*.

y, drap fixé par les lisières dans les coulisses *m*, et prêt à recevoir la tonte transversalement.

z, support en fonte portant l'axe des cylindres *g*, et la table élastique *f*.

d, arbre horizontal communiquant le mouvement vertical aux coussinets *o*, du balancier pour régler la pression des lames mobiles sur les lames fixes ou dormantes et faisant cesser la tonte à volonté.

a', arbre horizontal communiquant le mouvement des rochets *e'* aux cylindres *g*, à l'aide d'une vis sans fin *b'* qui engrène une roue dentée *c'* fixée sur l'axe de ces cylindres.

e', chaîne fixant la position des chapes *h*, suivant la marche du drap sur les cylindres.

f', tirant faisant mouvoir les petits leviers qui mettent en jeu les cliquets des rochets; *g'*, détentes avec sonnettes indiquant le moment où la lisière du drap arrive sous les lames fixes *a*, pour arrêter ou changer le mouvement.

La pièce de drap à tondre est conduite par un cylindre *e*.

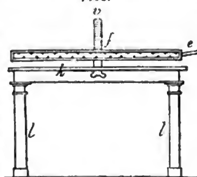
Pour arriver à une tonte parfaite, l'opération est non seulement réitérée avec la même machine à tondre, mais il est bon encore de changer de système de machine, et de tondre alternativement avec la tondeuse à hélices longitudinale et transversale, et de donner les dernières coupes avec la tondeuse Poupart; on arrive de cette manière à la faire plus uniformément et le plus près possible.

Après le tondage, comme après chaque opération, on procède à une nouvelle visite pour s'assurer si le travail a été convenablement exécuté, si le drap a été tondu bien également et assez court, s'il n'est pas creux; car, dans ce cas, on le ferait passer à la vapeur, en donnant un peu de pression, pour pouvoir ensuite le travailler à la lainerie. Si, au contraire, il était trop fort, trop dur, s'il ne présentait pas assez de moelleux à la main, on le repasserait à la vapeur, à la pression ordinaire, et on recommencerait également une opération de lainage avec une faible tension.

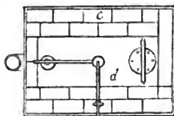
DERNIERS APPRÊTS.

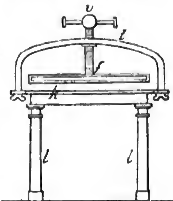
Apprêts à la chaleur et à la vapeur. Quand le drap a été trouvé réussi à point, on l'expose simultanément à une certaine température et à une pression considérable, pour bien coucher le duvet de la surface et lui donner le brillant recherché. Cet apprêt se fait maintenant généralement chez nous, en disposant le drap replié sur lui-même entre des cartes très lisses, qui sont chauffées par des plaques métalliques, dont la température a été élevée, soit par un chauffage direct soit par la vapeur qu'on introduit dans ces plaques, elles doivent par conséquent être creuses dans ce cas. Une planche assez épaisse en bois est placée entre les cartes dont nous venons de parler et cette plaque chaude; on forme de cette manière une pile de plusieurs pièces les unes sur les autres, recevant sur toute la hauteur trois à quatre plaques chaudes, autant qu'il y a de

1352.

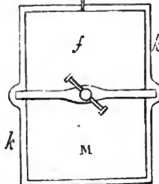


1354.





1353.



1355.

pièces d'étoffes. Ayant obtenu ainsi une pile d'une hauteur suffisante, on l'expose entre les deux plateaux d'une presse hydraulique, en la soumettant pendant quelques heures à une pression qui est rarement au-dessous de 200,000 kilogr. Cependant elle est bien moindre pour les draps fins que pour les draps communs.

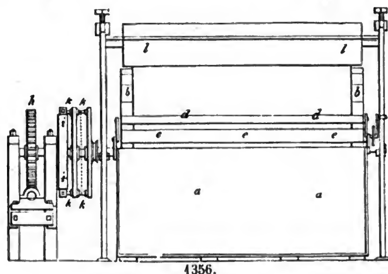
Après le pressage, le drap a acquis un grand lustre, qui ne serait ni résistant ni agréable à l'œil, si on ne le décatissait en le faisant passer à la vapeur à basse pression, qui l'imprègne complétement. Cette opération est extrêmement simple : le drap se trouve étalé par couche sur une table, où il est fixé par une pression plus ou moins forte. La fig. 1352 représente cette table, dont *l*,*l*, sont les pieds ; le drap se place entre les deux surfaces *h* et *f*; la vapeur arrive par l'orifice *e*, et se dégage par les petits trous à travers les plis du drap, que l'on a eu soin de recouvrir d'une flanelle pour mieux concentrer la vapeur. La pression dont nous avons parlé s'opère ici assez facilement à la main, au moyen de la vis *v* qui a son écrou dans une traverse recourbée *t* sur la table, qui est ajustée de chaque côté par des vis, comme le font voir les vues M de la table, fig. 1353 à 1355.

On a cherché, en Angleterre, à substituer à l'action de la vapeur, ou de l'eau bouillante qu'on emploie ordinairement, celle de l'eau chaude et de l'eau froide avec ou sans pression. Voici l'appareil inventé dans ce but par M. Hirst.

dans le milieu de la machine dans la direction de la figure 1358, et la figure 1358 représente le bout de la même machine : *aaa*, est un vaisseau de bois ou de fer, ou de toute autre matière convenable, incliné par devant et par derrière et perpendiculairement aux deux bouts. Il faut que ce vaisseau soit assez grand pour recevoir la moitié du diamètre du cylindre ou du tambour *bbb* qui y plonge, lequel cylindre a environ 1m,30 de diamètre et environ 2 mètres de long, ou quelque chose de plus que la largeur de la pièce de drap sur laquelle on doit opérer. On construit ce cylindre ou tambour *bb*, en réunissant des segments de bois taillés en cannelures sur leurs bords, et maintenus par des boulons à vis sur le cercle des croisillons de fer, ayant des bras et un axe qui en traverse le milieu.

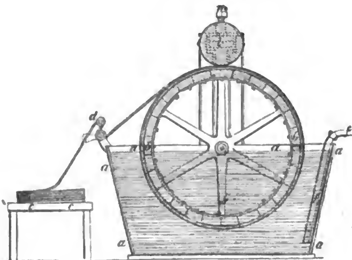
Le cylindre ou tambour étant ainsi fait, rendu uni sur sa circonférence, et monté sur son axe dans la cuve, on y roule aussi fortement que possible la pièce de drap ; ce qui se fait de la manière suivante :

On place le drap plié sur un tabouret, comme dans la figure 1357. On en fait passer le bout dessus et entre les rouleaux à tension *d*, *e*; et puis le fixant au tambour, on attire progressivement le drap entre les rouleaux de tension retenus par un rouleau serré à vis sur la circonférence du tambour, en faisant tourner celui-ci sur son axe, jusqu'à ce que toute la pièce de drap soit roulée et serrée, puis on l'entoure de la toile ou de toute autre enveloppe pour la maintenir.

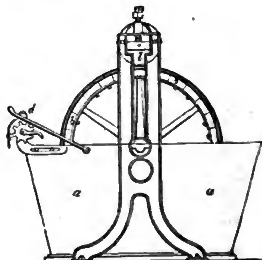


1356.

Si la cuve n'a pas d'abord été remplie d'eau pure et claire, on la remplit alors, comme on le voit dans la figure 1357, et on ouvre le robinet du tuyau *f*, qui vient d'une chaudière ; on permet à la vapeur de parcourir le conduit et de se décharger à la partie inférieure, ce qui élève la température de la cuve à environ 100° centigr. Avant que la température de l'eau ait monté, on imprime au tambour un mouvement de rotation lent, pour que le drap puisse être également chauffé dans toutes les parties. Le drap, par l'immersion dans l'eau chaude et par le passage à l'air froid, répétés successivement pendant l'espace de huit heures, acquiert, dit l'inventeur, une surface unie et douce sans que le tissu devienne dur ou soit endommagé d'une autre manière.



1357.



1358

La figure 1388 représente l'appareil complet et prêt à fonctionner, vu de face.

La figure 1357 est une section transversale, prise

Le mouvement uniforme de rotation est indiqué par la figure 1358, dans laquelle *y* est une vis sans fin placée horizontalement, et mue par une machine à va-

peur ou tout autre premier mobile dont on se sert dans la fabrique. Cette vis sans fin s'engage dans les dents de la roue verticale *h*, et meut cette même roue sur l'axe de laquelle est fixée *e e*, et par conséquent tourne continuellement avec. Au bout de l'axe du tambour se trouve monté un manchon d'embrayage glissant *k k*, qui, lorsqu'il est dans la position indiquée par les points dans la figure 1358, produit la jonction; le débrayage s'opère en sens inverse.

Après avoir opéré sur le drap de la manière décrite, en le passant dans l'eau chaude pendant le temps requis, il faut tirer l'eau chaude par un robinet qui se trouve placé au fond de la cuve, ou par un autre moyen, et la remplacer par de l'eau froide. On tourne le drap dans cette eau froide, de la manière indiquée plus haut, pendant 24 heures, ce qui fixe le lustre que la surface du drap a acquis par son immersion dans l'eau chaude, et laisse le duvet doux et soyeux au toucher. Dans l'opération à l'eau froide, M. Hirst emploie quelquefois un lourd rouleau de pression *l*, qui, disposé dans des montants sur le cadre, tourne avec le grand tambour roulant sur le drap à mesure qu'il passe. On peut faire agir le rouleau sur le drap avec la pression que l'on désire, en baissant les vis *m*, *n*, ou par l'emploi de leviers chargés de poids, si on le juge nécessaire.

Après l'apprêt dont nous venons de parler, on soumet de nouveau le tissu à l'action du chardon, dans le but seulement de démêler la surface des filaments que la vapeur a trop condensés. Cette opération, que l'on nomme *gitage*, se pratique avec du chardon en partie usé, afin de produire un effet moins énergique.

Tension à la rame. On rame un drap en l'étendant humide sous la tension nécessaire pour donner à la surface les dimensions voulues, et on ne le retire de la rame que lorsqu'il est parfaitement sec. On lui fait subir, sous cette tension, un fort brossage dans la direction du poil.

Les dimensions ordinaires adoptées pour la draperie sont de 45 à 50 mètres sur 1m,50 pour une pièce entière. Quelquefois on fabrique par demi-pièces qui ont une longueur moitié; certains articles spéciaux se font aussi parfois sur une largeur moindre.

Ce séchage à la rame s'opère le plus communément, et lorsque le temps le permet, à l'air libre, et, dans le cas contraire, dans des séchoirs chauds dans les deux circonstances. Voici les dispositions généralement employées.

L'appareil habituellement employé se compose de deux montants supportant un sommier fixe. Une traverse, placée à la partie inférieure, peut glisser le long des montants; elle est arrêtée au moyen de boulons entrant dans des trous correspondants aux diverses positions de cette pièce le long des montants. Celle-ci est articulée en plusieurs points ce qui permet de tendre plus ou moins certaines parties, afin de redresser plus également les inégalités que la pièce pourrait représenter sur la largeur, et tendre un peu plus les parties étroites, *et vice versâ*.

Les deux traverses sont garnies sur toute leur longueur d'une ligne horizontale de petits crochets ou traverses qui existent également sur toute la hauteur d'un montant vertical; l'autre extrémité est terminée par un montant, à côté duquel se place le cylindre vertical sur lequel le drap est enroulé.

On commence par dérouler le drap et par l'accrocher sur sa largeur au montant vertical; puis on le tend sur sa longueur, au moyen du cylindre vertical dont nous venons de parler. Cette tension en longueur étant terminée, on l'accroche au haut et au bas à sa lisière; l'accrochage terminé, la tension opère sur sa largeur, en faisant descendre plus ou moins la traverse inférieure, comme nous l'avons indiqué; on brosse ensuite l'étoffe ainsi apprêtée, au moyen d'une brosse circulaire qui a toute la largeur de la pièce.

On laisse sécher l'étoffe tendue avant de la décrocher; une tension trop forte ne peut faire gagner en longueur qu'au détriment de la solidité.

Cette tension en largeur, par partie, est longue, serait difficilement applicable dans les séchoirs chauds, qui sont ordinairement à une température extrêmement élevée et où il y a peu de place.

Nous avons fait construire des rames pour lesquelles la tension s'opère en une seule fois par un mouvement mécanique placé à l'extérieur du séchoir, et pour plus de commodité nous avons rendu le chapeau supérieur mobile.

Dans notre système, c'est la traverse supérieure qui est mobile le long de deux guides verticaux, et la traverse inférieure qui est fixe. Le mouvement s'opère à l'aide de chaînes passant sur des poulies, et venant s'assembler horizontalement à une tringle à laquelle le mouvement est imprimé; l'extrémité filetée de cette tringle (guidée pour ne pouvoir tourner), passant dans un écrou, mû par un engrenage.

On voit, par cette disposition, qu'à mesure que la vis avance, elle entraîne la chaîne, fait, par conséquent, monter le chapeau, et tend le drap en largeur dans le mouvement inverse. Il y a, au contraire, diminution de largeur.

Cette disposition offre l'avantage de pouvoir placer deux pièces égales sur une même rame de chaque côté et de pouvoir les tendre ensemble. Un tuyau de vapeur, dont le rayonnement sèche les deux pièces à la fois, est placé à la partie inférieure.

Cette manière de ramer présente les inconvénients d'exiger une grande étendue de place qu'il serait important d'économiser dans les grands centres industriels. C'est pour remédier à cet inconvénient et pour pouvoir parvenir à un séchage plus économique et mieux entendu que nous mettons la dernière main à une nouvelle machine à ramer.

Tonte en apprêts. Après le séchage et le décrochage du drap de la rame, on le reporte de nouveau aux tondeuses pour donner les dernières coupes qu'on nomme tonte des apprêts. C'est surtout ce tondage qui doit se faire alternativement sur les différents systèmes de tondeuses. Le drap est ensuite fortement brossé par une brosse mécanique. A cette période du travail, on le soumet une seconde fois à la presse hydraulique, en chauffant des plaques comme la première fois, et enfin à un courant de vapeur pour décatir. Ce dernier décatissage est suivi d'un dernier pressage à froid, c'est-à-dire que le drap est disposé entre des cartes lisses qui ne sont plus chauffées; mais alors on donne la plus forte pression.

Cette pression à froid termine la série des opérations. L'étoffe est alors prête à être mise en toile et à être emballée.

DRAPS-FEUTRES. Se servir exclusivement des propriétés feutrantes de la laine pour en former des surfaces flexibles de dimensions indéterminées sans le secours du filage et du tissage, tel est le problème qui a été résolu par l'inventeur des machines à produire du drap feutre.

La tentative de faire des étoffes feutrées n'est pas nouvelle. Desmarest, dans un intéressant mémoire adressé en 1806 à l'Académie des sciences, sur différentes étoffes anciennes trouvées à Saint-Germain-des-Prés, dit qu'il pense que les étoffes en laines feutrées ont dû précéder les étoffes tissées. Il ajoute : « On a voulu, dans ces derniers temps, introduire dans le commerce des étoffes produites par le feutrage seulement, dont on vantait le bon marché et le bon usage; mais, dans les habits, on a bientôt reconnu les inconvénients de ces fabrications imparfaites; car on a vu

qu'un grand nombre de laines, même celles du Berry, qu'on feutrait avec la plus grande facilité, perdaient aussi aisément les effets du foulon, en sorte que les étoffes se décomposaient après un usage de peu de durée. D'ailleurs il est fort difficile d'obtenir des feutres d'une force égale dans toutes leurs parties. Je ne doute donc pas que les anciens, s'ils se sont attachés d'abord au travail des laines simplement feutrées, comme Pline semble l'indiquer, ne les aient abandonnées comme des produits d'une fabrication fort imparfaite, et n'aient pris pour base de leurs feutres des toiles de laines plus disposées à recevoir également l'action du foulon, que l'échantillon ancien de drap foulé trouvé dans les tombeaux de Saint-Germain-des-Prés. Ce sont ces avantages que les anciens n'auront sans doute pas méconnus. »

On se rappelle sans doute encore la sensation que causa naguère la nouvelle de cette invention dans le monde industriel et surtout dans l'industrie des laines, lors de son apparition, et les merveilles racontées par les cent bouches de la renommée. Qui eût pu prévoir qu'avant peu l'indifférence sur cette remarquable invention serait aussi complète que sa réputation avait été grande? Et cependant nous ne pouvons que répéter aujourd'hui ce que nous nous sommes permis d'écrire alors dans une petite note (1).

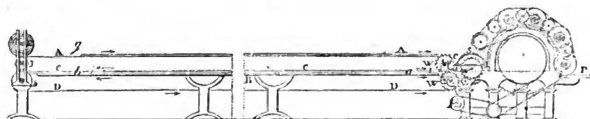
Nous disions que cette nouvelle application ne méritait certes pas la réputation et n'avait pas la portée que ses partisans intéressés ou non cherchaient à lui donner, mais que nous l'estimions également bien plus digne de fixer l'attention des hommes sérieux que ne le prétendaient ses détracteurs.

Il y a à peine cinq ans que nous tenions ce langage, et depuis longtemps il est prouvé que notre appréciation sur l'engouement d'alors était exacte; et malgré le profond abandon dans lequel on a laissé tomber ce nouveau procédé, nous persistons à croire qu'il mérite mieux, non comme rival ou concurrent des industries similaires existantes, mais comme pouvant créer des produits utiles nouveaux, en leur donnant des propriétés qu'il serait impossible à ces dernières de produire au même prix, et que tôt ou tard l'exactitude de notre jugement sur ce point sera également démontrée. Une récente visite, que nous venons de faire au seul établissement de ce genre qui a survécu en France, a augmenté notre conviction à ce sujet, et nous fait penser que cette industrie est loin d'occuper la place qu'elle se fera sans doute un jour; l'examen des machines nous a démontré qu'elles sont restées, sauf quelques légères modifications, ce que l'inventeur les avait faites dès leur mise au jour, nous n'avons donc qu'à reproduire les figures de ces machines, qui ont été données, lors des premières publications de cette invention, par plusieurs journaux spéciaux.

La fig. 1359 présente une vue latérale d'une carde ordinaire, et telle qu'on en fait usage dans la fabrication du drap-feutre. La laine étant bien purgée, sèche et suffisamment ouverte, est mise sur une toile sans fin qui l'engage dans la machine où, après avoir été cardée convenablement, elle est enlevée par un cylindre déchargeur S A C, est une grande toile sans fin supérieure qui passe sur les rouleaux 1 et 3. BD, une deuxième toile sans fin inférieure semblable, menée par les rouleaux 2 et 4.

Ces rouleaux tournent au moyen des roues d'engrenage W, W, W, qui sont fixées, la première sur le cylindre déchargeur de la carde, et les deux autres sur les rouleaux 1 et 2. Sur toute la longueur et la largeur de la toile sans fin inférieure, il existe une table en bois mince. Les deux toiles sans fin, ainsi que les rouleaux, tournent dans la même direction, ainsi que le font voir les flèches du dessin, c'est-à-dire que les deux surfaces *a* et *b* de ces toiles sans fin s'avancent dans le même sens et avec une vitesse dépendante de celle du cylindre déchargeur de la machine à carder.

La laine cardée est enlevée au cylindre déchargeur par un peigne mis en mouvement alternatif par la manivelle ordinaire *k*, et délivrée sous forme de nappe aux deux toiles sans fin qui, a-t-on dit, tournent dans le même sens.



1359.

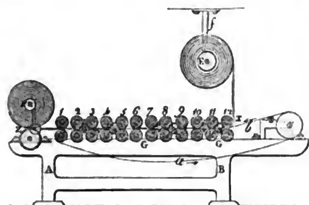
Celles-ci la conduisent entre les rouleaux 3 et 4, à la sortie desquels on la relève pour la faire passer entre les rouleaux 3 et E, et circuler sur la partie A, de la toile sans fin supérieure où elle s'avance vers la carde; arrivée en ce point, on la fait tourner autour du rouleau 1, puis on la double entre les rouleaux 1 et 2, d'où elle continue son mouvement dans le même sens. On superpose ainsi des couches successives les unes sur les autres, jusqu'à ce que la nappe ainsi doublée ou réunie ait acquis l'épaisseur convenable. Dans ce travail, la nappe reste constamment en contact ou adhérente à la toile sans fin A C, au moyen de celle inférieure B D, dont c'est la principale destination. On peut donner à cette toile A, C, une longueur et une largeur correspondantes à celles de la carde dont on fait usage, et par conséquent y travailler un poids déterminé de laine, afin de produire une nappe d'une épaisseur ou d'un poids donné par mètre courant.

Lorsque la nappe a acquis une épaisseur suffisante, on la coupe transversalement en *g*. Une des extrémités coupée est repliée sur le rouleau E, où, par suite de la pression de celui-ci sur la toile sans fin A C, elle s'enroule fortement. Ce rouleau attire ainsi peu à peu toute la nappe doublée, qui entraîne avec elle une nouvelle portion de laine qui lui est délivrée par la carde, et destinée à former une autre nappe; cette portion, après que la nappe est enlevée, monte à son tour sur la partie supérieure de la toile sans fin A C, et là recommence ainsi un nouveau doublage qui donne la nouvelle nappe, laquelle est enlevée comme la première. C'est de cette manière qu'on produit successivement des nappes les unes après les autres.

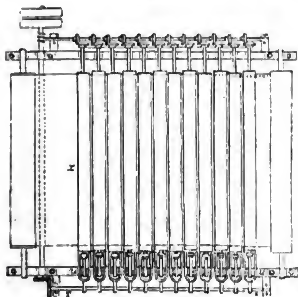
Le rouleau E, avec la nappe qui s'est enroulée dessus, est transporté sur une autre machine (fig. 1360), qu'on nomme machine à feutrer, et placé entre les crochets *f*. AB, indique le bâti de cette machine, et 1,2,3, 4,5, sont les cylindres feutreurs rangés en deux séries longitudinales superposées l'une à l'autre.

(1) Journal des usines.

Ces cylindres sont habillés d'une étoffe élastique, et sur les inférieurs passe une toile sans fin mobile A B. Il y a aussi quelques tubes à vapeur C, C, C. entre les cylindres inférieurs et le dessous de la nappe. Ces tubes se prolongent d'un côté à l'autre de cette nappe et sur toute sa largeur, et sont percés supérieurement de petites ouvertures qui livrent le passage à la vapeur lorsqu'elle est destinée à humecter et réchauffer le feutre.



1360.



1361

bre S, S, (fig. 1361) placé transversalement à ces cylindres, ou suivant la longueur de la machine.

Cet arbre porte des excentriques qui produisent un mouvement alternatif longitudinal de 9 à 10 millimetres dans les cylindres supérieurs par le moyen des fourchettes à coussinets *n*, *n*, qui portent un des tourillons de ces cylindres.

Les cylindres feutreurs tournent avec lenteur au moyen d'une disposition simple qu'on voit dans la figure, en entraînant dans leur marche la toile sans fin. Entre plusieurs de ces cylindres, on a placé des tubes creux en métal qui sont chauffés par la vapeur et ont pour destination de favoriser par la chaleur l'action par laquelle les brins de laine pénètrent les uns dans les autres ou se feutrent.

Le rouleau E, chargé de la nappe, ayant été placé entre les crochets, ainsi qu'il a été dit, on introduit l'extrémité de cette nappe en *x*, entre la première paire de cylindres de la machine à feutrer.

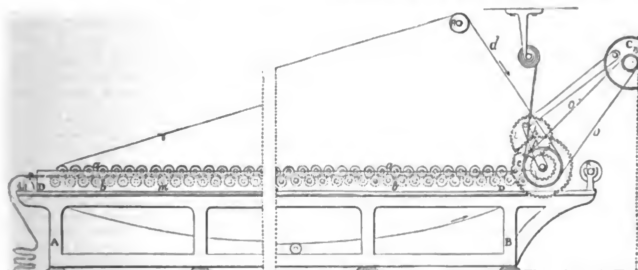
Cette nappe se déroule entre les deux séries de ces cylindres qui la transforment, par suite du frottement dû au mouvement alternatif qui a lieu suivant la longueur, de ceux de la série supérieure, ainsi que de l'humidité et de la chaleur, en un feutre épais, lâche et qui commence à rentrer.

Ce feutre, qui n'est pas en effet complétement formé, s'enroule après ce passage, en quittant la toile AB, sur un rouleau F d'où, après que celui-ci est complétement chargé, on le déroule aux machines suivantes.

Le feutre en sortant de la machine à feutrer a besoin d'être soumis à un nouveau travail dans une machine à fouler qui achève le feutrage de la nappe et la transforme en drap. Cette machine est établie ainsi qu'il suit :

A B (fig. 1362), est un bâti entre les montants duquel est placée une auge DD, remplie d'une dissolution propre à favoriser le feutrage.

Sur le fond de cette auge rampe un serpentin percé de trous qui sert à porter, au moyen de la vapeur, la liqueur à l'ébullition ; l'auge est en bois et doublée en plomb; elle a une profondeur double à la grosseur des cylindres, de façon que les cylindres inférieurs tout entiers et la moitié de ceux supérieurs se trouvent plongés dans la liqueur. Sa longueur est déterminée par le nombre des cylindres qui ne doit pas être moindre de soixante. Tous ces cylindres sont en fonte. Ceux de la série supérieure *a*,*a*,*a*, sont placés entre les intervalles qui laissent entre eux ceux *b*,*b*,*b*, de la série inférieure, ce qui produit pour chacun d'eux une double ligne de contact. Les cylindres supérieurs sont mis en mou-



1362.

La série supérieure des cylindres reçoit un mouvement de va-et-vient longitudinal, au moyen d'un arbre ...

vement par des roues d'angle que commandent d'autres roues du même genre portées par des arbres S, S,

disposées alternativement de part et d'autre de la machine. Ces cylindres font mouvoir les inférieurs par le secours des roues dentées *m*, *m*, *m*, montées sur les tourillons de ces cylindres et alternativement opposés aux engrenages coniques. Les arbres S, S. s'étendent des deux côtés sur toute la longueur de la machine, et sont en communication à l'une de leurs extrémités, et également au moyen de roues d'angle avec un gros arbre transverse G. Chaque cylindre supérieur pèse de tout son poids sur ceux inférieurs.

Afin de pouvoir conduire le feutre d'une extrémité de la machine à l'autre, on fait passer sur les rouleaux R,R, deux toiles sans fin *d*, *d*, l'une supérieure, l'autre inférieure, qui circulent par frottement sur les cylindres en métal, et lors de leur entrée dans la première paire de cylindres *c*, *c*, saisissent le feutre entre elles, et ne l'abandonnent que lorsqu'il est parvenu à l'extrémité postérieure de la machine, où l'une des toiles se relève pour revenir par la partie supérieure, tandis que l'autre descend pour retourner par la partie inférieure.

A cet arbre principal *c* se trouve lié un appareil dont le but est de donner aux deux séries de cylindres un mouvement alternatif en avant et en arrière, et en même temps de faire marcher successivement en avant le feutre qui se trouve ainsi alternativement pressé entre eux et abandonné à lui-même, ce qui accroît l'action de la machine sur le feutre et peut dispenser, en outre, de le faire passer plusieurs fois. G, est une poulie qui reçoit un mouvement d'une vitesse convenable du mécanisme moteur; sur cette poulie est un bouton excentrique *e* qui fait mouvoir une manivelle *f*, *f*. Cette manivelle n'est pas fixée sur le grand arbre *c*, mais sur la grande roue *g*. *h* est un pignon placé d'un côté de cette manivelle et qui engrène dans la grande roue *g*. De l'autre côté de la manivelle se meut, par son entremise, une roue dentée *i*, assujettie sur l'arbre du pignon *h*. Cette roue commande une autre roue dentée *m*, qui tourne librement sur l'arbre principal et sur laquelle on a vissé concentriquement une poulie *x*. On voit par cette disposition comment on parvient à produire avec la poulie et la roue dentée un mouvement alternatif qui ne sert toutefois en rien à porter le feutre en avant.

Pour donner cette marche en avant au feutre, on a établi une petite poulie *n*, sur l'arbre de la poulie G, et sur laquelle passe la courroie *o o*, qui mène la poulie *x*, et est destinée à donner le mouvement en avant alternatif continu.

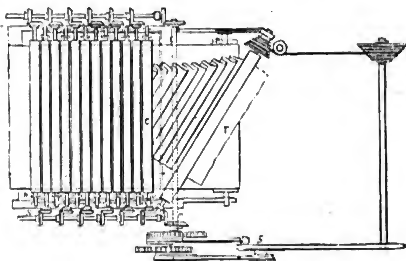
Afin de produire un feutre ou drap aussi solide que possible dans toutes ses parties, il est nécessaire de fouler la matière suivant plusieurs directions. Or, le mouvement alternatif de la machine ne produit qu'un foulage suivant la longueur, afin de le faire aussi rentrer suivant la largeur; on a besoin de le soumettre à l'action d'une deuxième machine à fouler (fig. 1363), disposée de la même manière que la première, mais pourvue d'autres cylindres qui travaillent par dessous, et qui produisent un frottement suivant la largeur. Ces cylindres, placés dessous, sont disposés de telle façon qu'ils font, avec la toile sans fin inférieure, un angle d'environ 45°, et se meuvent avec une vitesse quatre à cinq fois plus grande que la toile sur laquelle le feutre est étendu.

L'un de ces cylindres T, est indiqué dans la figure 1363; ce sont eux qui servent à faire rentrer sur sa largeur ou à fouler dans ce sens l'étoffe qui a été plissée à l'avance en plis assez larges, et présentée obliquement aux cylindres entre lesquels on l'a fait passer plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'on ait atteint le but.

Le feutre étant préparé ainsi, il ne reste plus pour lui donner toute sa perfection, qu'à le passer au moulin à foulon ordinaire; mais peut-être serait-il mieux de le terminer à la machine à fouler, attendu que le foulon lui donne assez souvent une surface rude et inégale.

Nous devons ajouter à la description des machines employées pour les tissus feutrés, que, dans l'état actuel des choses, cette industrie ne peut avoir la prétention de produire de la draperie, même ordinaire, car elle ferait certes moins bien et sans avantage de prix, les dépenses pour le filage et le tissage se trouvant à notre avis compensées par les éléments qui constituent les frais à faire pour le nouveau procédé qu'on leur a substitué, et qui ne peut donner à sa draperie les caractères essentiels si recherchés dans celle manufacturée par le tissage.

Le travail des apprêts surtout exige, en effet, l'emploi de machines nombreuses dont la dépense com-



1363.

pense, par conséquent, en grande partie les avantages que paraît offrir leur rapide production.

Mais il n'en sera plus de même, lorsqu'au lieu de se livrer à la draperie l'industrie-feutre fabriquera exclusivement les étoffes qui n'ont besoin que de très peu ou point d'apprêts; tels que les tentures communes, tapis imprimés, les couvertures de toute nature, les étoffes pour meubles, les vêtements grossiers et imperméables pour la marine, et de fatigue pour les ouvriers. Elle pourra, dans cette spécialité, travailler avec avantage. Il lui est réservé de créer des produits nouveaux, tels que les feutres pour rouleaux d'impression, pour couvertures de machines, dans le but de conserver la chaleur, des bandes pour courroies de commandes, dont nous avons vu déjà des essais heureux, elle ne se bornera certes pas à ces articles, si, comme nous le pensons, elle comprend tout le parti à tirer de ses ingénieuses machines; elle parviendra à doter le pays d'une foule d'autres produits à bon marché dans l'intérêt de son avenir, et à l'avantage du consommateur et de l'hygiène publique. MICHEL ALCAN.

LAIT (*angl.* milk. *all.* milch). Le lait est un liquide opaque, d'un blanc mat et d'une odeur agréable, d'une saveur douce et légèrement sucrée, et qui est sécrété par les glandes mammaires des femelles de divers animaux.

Lorsqu'on abandonne du lait au repos dans un lieu

frais et tranquille, il se forme, au bout de quelque temps, à sa surface, une couche d'une matière légère, épaisse, onctueuse, agréable au goût, d'un blanc mat, souvent un peu jaunâtre, qui porte le nom de *crème*. Le lait qui reste après l'enlèvement de la crème a une plus grande densité qu'auparavant, une couleur moins opaque et une consistance moins onctueuse, c'est alors du *lait écrémé*. La crème soumise à l'agitation à une température de 15°, se prend en partie en une masse jaunâtre, de consistance ferme, qui constitue le BEURRE. La partie de la crème qui ne se concrète pas et qui ressemble à du lait écrémé porte le nom de *lait baratté* ou *lait de beurre*.

Lorsqu'on abandonne à lui-même le lait écrémé, qu'on élève sa température ou qu'on y ajoute certains corps acides, il s'y forme un coagulum blanc, mou, opaque et floconneux, qui se sépare d'un liquide jaune-verdâtre et transparent : la partie solide forme la *matière caséeuse*, le *caséum*, le *fromage*; la partie liquide est le *sérum* ou *petit-lait*.

Enfin, en faisant évaporer le petit-lait, on obtient un corps cristallisé, d'une saveur douce et sucrée, auquel on a donné le nom de sucre de lait, et qui forme les 0,035 du lait.

Les seuls laits dont on fasse usage dans l'économie rurale en France sont ceux des femelles des ruminants en domesticité, telles que la brebis, la chèvre et la vache, et celui de l'ânesse.

Le *lait de brebis* ne diffère pas, à simple vue, de celui de vache; c'est de tous les laits le plus riche en beurre : celui qu'il fournit est jaune-pâle, de peu de consistance, et se rancit aisément. Le caillé est abondant, gras, visqueux et moins ferme que celui de vache.

Le *lait de chèvre* est plus dense que celui de vache, et moins gras que celui de brebis. Il conserve une odeur et une saveur propres à l'animal, surtout lorsque la chèvre entre en chaleur. C'est celui qui fournit le moins de beurre, mais le plus de fromage : le beurre, constamment blanc, est ferme, d'une saveur douce et agréable et se conserve longtemps frais; le fromage très abondant est assez consistant et comme gélatineux.

Le *lait de vache*, qui est le plus fréquemment employé, contient moins de beurre que celui de brebis et plus que celui de chèvre. Son fromage est aussi moins abondant; mais les principes se séparent avec plus de facilité.

Le *lait d'ânesse* a beaucoup d'analogie avec celui de femme; il donne une crème qui n'est jamais épaisse ni abondante. Il contient aussi moins de matière caséeuse que ceux de vache, de chèvre et de brebis, et cette matière est plus visqueuse.

Le meilleur lait de vache n'est ni trop clair ni trop épais; il est d'un blanc mat, d'une saveur douce et agréable. Au-dessus de 15° il s'aigrit en peu de temps; cette acidification s'opère dans l'espace de quelques heures au-dessus de 20 à 25°. Par cette prompte coagulation la matière caséeuse enveloppe et entraîne la crème, qui se précipite en même temps qu'elle et ne peut plus monter à la surface. La température la plus favorable à la séparation de la crème est celle de 10 à 12°.

Les variations que présente le lait de vache sont extrêmement nombreuses; elles portent surtout sur la couleur, la saveur, l'odeur, la consistance ou la densité, la quantité des principes constituants et leurs rapports entre eux ; elles peuvent être dues à des causes extérieures ou à l'animal lui-même. Les phénomènes extérieurs qui peuvent changer la qualité du lait après son extraction sont : toutes les variations brusques de température, l'état électrique de l'atmosphère, l'humidité, les émanations insalubres, etc. Les variations dues à l'animal sont encore plus nombreuses : ainsi certaines races donnent un lait de qualité différente de celui des autres races. Cette différence s'observe aussi entre les animaux d'une même race, dans ceux d'une même famille et même jusque dans le même individu, dont le lait peut changer à chaque saison, chaque jour, à chaque traite et à chaque instant par une foule de causes souvent difficiles à apprécier. Les principales sont l'organisation et l'état physiologique de l'animal, son âge, les soins et l'alimentation dont il est l'objet : ainsi il paraît certain que cette altération si fréquente du lait, par suite de laquelle la crème se colore en bleu, est due à diverses variétés de plantes dont les vaches se nourrissent accidentellement.

Le lait, de même qu'un grand nombre de substances organiques, se conserve très bien et pendant longtemps, lorsqu'il est chauffé pendant un certain temps à 100°, dans un vase qui en est rempli le plus complétement possible, puis fermé hermétiquement ; mais le beurre s'en sépare malgré tout par l'agitation qu'occasionne le transport ; conservé par ce moyen, le lait n'offre pas la saveur qu'il présente à l'état naturel, à cause de l'élévation de température à laquelle il a été soumis ; mais il est agréable et peut devenir d'une grande utilité dans une foule de circonstances.

Suivant M. Braconnot, un litre de lait chauffé à 45°, dans lequel on verse l'acide hydro-chlorique très faible, en quantité suffisante pour le coaguler, donnera un caillé qui, traité à une douce chaleur, par 2 grammes de carbonate de soude, fournit 1/2 litre d'une espèce de crème ou de frangipane qui peut être employée à la préparation de divers mets, et qui, dissoute et sucrée, donne une liqueur plus agréable que le lait.

Suivant le même chimiste, lorsqu'on chauffe pendant quelques instants à 100°, 1000 parties de fromage blanc, on obtient une masse élastique, qui lavée à plusieurs reprises à l'eau bouillante, puis bien divisée, chauffée avec de l'eau et 2 p. 1/2 de bi-carbonate de potasse, et évaporée en agitant continuellement, donne une masse molle qui se dessèche à l'air en passant à l'état de lames d'un blanc jaunâtre, demi-transparentes, d'une saveur agréable. Cette matière est extrêmement soluble dans l'eau et se conserve très bien à l'air; sucrée et aromatisée elle pourrait servir de nourriture. La dissolution chaude colle très solidement la porcelaine, le verre, le bois, la pierre, le papier ; on peut s'en servir pour lustrer les étoffes.

On a proposé comme moyen de conserver le lait sans empêcher d'en extraire la crème et de préparer du bon beurre, d'y mêler par litre une cuillerée à bouche d'une eau préparée, en distillant 6 litres d'eau avec 6k de radis sauvage et retirant 9 litres du produit. Le lait se conserve huit jours sans altération et les insectes ne peuvent en approcher.

Enfin, on trouve dans le commerce sous le nom de *lactoline* ou *lactéine*, du lait réduit en pâte sèche, par l'évaporation au moyen de l'air froid qu'on y fait passer. Il suffit de délayer cette matière dans l'eau pour reproduire le lait.

A Paris, où la fraude s'exerce sur le lait d'une manière extrêmement étendue, on ne vend ce liquide qu'après l'avoir écumé, et on y ajoute souvent une émulsion d'amandes ou de graines de chènevis ; souvent aussi on y mêle de la farine pour lui donner de la consistance, et on le colore au moyen du jus de carottes, ou d'une petite quantité de curcuma ou de safran.

LACTOMÈTRE. Le lactomètre, ou instrument propre à mesurer la quantité de crème fournie par le lait, est d'un emploi bien précieux dans une ferme. C'est ainsi qu'il permettra d'apprécier la richesse en crème et en beurre de tout le lait qu'on recueille, ainsi que celle du produit de chaque animal en particulier, suivant la saison, l'état de santé, la bonne ou mauvaise condition, le régime alimentaire, etc. ; de mêler des laits de richesses diverses pour en obtenir des produits particuliers ; de mesurer la quantité de crème fournie par un lait qu'on achète, et de ne le payer exactement

qu'à un prix proportionnel à cette quantité; de constater si l'on recueille, dans ses manipulations en grand, toute la matière butyreuse indiquée par les essais en petit; d'apprécier, dans les laiteries banales, la richesse du lait apporté par chaque associé, afin de répartir les bénéfices proportionnellement à la quantité de matière utile et marchande qu'il apportera, etc.

Le lactomètre, inventé en Angleterre par Banks, et importé en France par M. de Valcourt, ou celui de M. Schubler, est un tube de verre de 16 centimètres de hauteur, 40 millimètres de diamètre intérieur, ouvert par le haut, fermé par le bas, et porté sur un pied circulaire. Ce tube peut contenir un peu au-delà de 2 décilitres. A partir de sa base, on a désigné, par un cercle gravé au diamant, chaque demi-décilitre, c'est-à-dire la hauteur à laquelle atteindraient 1/2, 1 1/2 et 2 demi-décilitres de liquide, si on les versait dans le tube. La hauteur du tube, depuis le fond jusqu'auprès du quatrième cercle qui marque 2 décilitres, a été partagée en 100 parties égales, et, à partir de ce dernier cercle où se trouve marqué le 0° ou zéro de l'échelle, c'est-à-dire le point où elle commence, on a gravé sur le verre, en descendant, 30 de ces degrés ou parties égales. Voici maintenant l'usage qu'on peut faire de cet instrument. On verse dans le tube, et avec précaution, du lait jusqu'au cercle supérieur ou bien au point marqué 0°, et on l'abandonne à lui-même pendant 24 heures plus ou moins. La crème monte peu à peu; et lorsque son épaisseur est stationnaire, on lit sur l'échelle le nombre de degrés ou centièmes qu'occupe cette partie butyreuse, et cette proportion indique la richesse en crème du lait, ou sa valeur vénale. Par exemple, si, après avoir mis du lait en expérience, on trouve, après 24 heures, que la crème montée occupe 14 parties ou degrés de l'échelle graduée, on en conclura que ce lait fournit 14 pour 100 de crème, ce qui permet d'apprécier sa valeur. Des expériences comparatives ont, en effet, prouvé que dans un même lait pur, puis mélangé avec un quart, moitié et trois quarts d'eau, l'épaisseur de la couche de crème diminue proportionnellement à la quantité de lait enlevé et remplacé par de l'eau, ou que le nombre de centièmes occupé par cette crème indiquait très approximativement la richesse du lait. On peut faire monter la crème plus promptement, en plongeant le lactomètre dans un bain-marie maintenu à une température de 30 à 36 degrés; mais il vaut mieux attendre sa séparation spontanée à la température ordinaire. Il importe de remarquer, quand on en fait usage pour le lait, que la quantité de crème n'est pas la mesure de celle du beurre, les quantités égales de crème donnant souvent un poids fort différent en beurre.

Les aréomètres, les galactomètres, et autres instruments qu'on emploie souvent pour mesurer la qualité du lait au moyen de la densité ou pesanteur spécifique de ce liquide, sont, sous ce rapport, des instruments infidèles, la densité du lait n'étant nullement la mesure de sa richesse en crème, et pouvant d'ailleurs être modifiée par une foule de moyens qui altèrent la qualité du lait, et sont destinés à en imposer à l'acheteur ignorant ou indifférent.

LAITIER. On donne ce nom aux scories terreuses que l'on obtient dans le travail des minerais métalliques, et particulièrement des minerais de fer, au haut-fourneau. On les emploie dans beaucoup de localités pour faire des briques, etc., en les moulant au sortir du fourneau. Déjà, en 1838, M. Gaultier de Claubry proposait de diminuer la fragilité de ces matières vitreuses en les soumettant à un refroidissement très lent, et conseillait d'appliquer la chaleur perdue des hauts fourneaux à exécuter ce recuit. Tout récemment, il a été pris un brevet d'invention à ce sujet; les auteurs ignoraient probablement les faits que nous venons de rappeler; ils avaient principalement pour but de mouler les laitiers, sous forme de pavés, qui pussent offrir une résistance de beaucoup supérieure à celle des pavés de grès ordinairement employés, et une forme bien plus régulière.

LAITON, CUIVRE JAUNE (*angl.* brass, *all.* messing). Le cuivre allié avec des quantités convenables de zinc forme le laiton; cet alliage renferme presque toujours de petites quantités de plomb, de fer et d'étain, qui lui communiquent des propriétés particulières. Le laiton est d'un jaune d'or plus ou moins vif, ductile et malléable à froid, cassant à chaud, aisément fusible et se moulant avec facilité. Sa densité varie de 8,20 à 8,90, suivant sa composition. Sa dureté, sa ténacité, et sa densité diminuent par la trempe; il est moins altérable à l'air que le cuivre rouge.

Le laiton destiné au tour doit être un peu sec afin de ne pas graisser les outils : il se compose de 61 à 65 de cuivre, de 36 à 38 de zinc, 2,15 à 2,5 de plomb et 0,25 à 0,40 d'étain.

Le laiton pour la tréfilerie doit surtout être très tenace, et se compose de 64 à 65 de cuivre, 33 à 34 de zinc, 0,8 d'étain et de plomb.

Le laiton qui doit être travaillé au marteau doit renfermer environ 70 de cuivre et 30 de zinc.

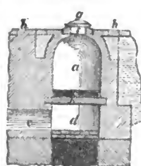
Dans les fonderies de la marine, la composition de laiton est comme suit : première qualité, cuivre 76, zinc 24; deuxième qualité, cuivre 85, zinc 14, plomb 1.

Les alliages dits similor, pinschbech ou métal du prince Robert, etc., varient beaucoup de composition, mais les principaux qu'on emploie sont : 1° cuivre 80, zinc 20, composé tendre, à cassure luisante et d'un beau jaune; 2° cuivre 84, zinc 16, alliage d'un jaune plus beau que le précédent; 3° cuivre 86, zinc 14, composé d'un jaune brillant; 4° cuivre 88, zinc 12, mélange d'un grain plus fin que les précédents et d'une couleur d'or. En introduisant dans tous ces alliages un peu de plomb, on arrive à leur donner, lorsqu'ils sont polis, un certain reflet qui les fait ressembler à l'or vert.

Le tombac ou cuivre blanc se compose de cuivre 97, zinc 2, arsenic 1; il est d'autant plus cassant qu'il renferme plus d'arsenic; il se lime et se polit bien; on s'en sert pour fabriquer des instruments de physique, des boutons, etc. D'abord blanc, lorsqu'il vient d'être poli, il se ternit promptement à l'air et prend une couleur grise. On fait encore du cuivre blanc qui peut servir pour les miroirs de télescopes, en ajoutant au cuivre et à l'arsenic une faible proportion de platine.

Enfin, on donne le nom de chrysocale à un alliage, ordinairement formé de 92 de cuivre, 6 de zinc et 6 d'étain, qui se lamine en feuilles très minces à l'usage des fabricants de bijoux faux, et prend bien la dorure.

1364.





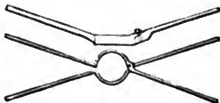
1365.

Le laiton se fabrique soit en alliant directement le zinc et le cuivre, soit en fondant le cuivre avec de la calamine (carbonate de zinc ordinairement mélangé de silicate de zinc) grillée, des cadmies zincifères ou kiess, ou de la blende (sulfure de zinc) grillée.

La fonte du laiton se fait dans des creusets à vent placés près des fourneaux à vent. Les fig. 1364 et 1365 donnent le plan et la coupe des anciens fours à laiton, au charbon de bois d'Hegermühle, en Prusse, contenant 8 pots : *a*, foyer; *b*, grille

en fonte, recouverte d'une couche d'argile battue, percée de trous correspondants à ceux de la grille; *d*, cendrier; *e*, porte du cendrier; *h*, *h*, niveau du sol de l'atelier; *g*, châssis de fer garni d'argile servant à fermer

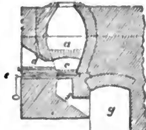
1366.

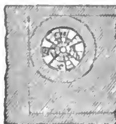


1367.

la partie supérieure du fourneau. Les fig. 1366 et 1367 représentent les pinces employées pour introduire et retirer les creusets.

1368.





1369.

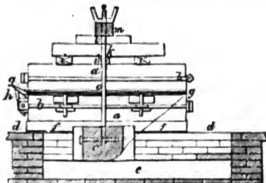
Les fig. 1368 et 1369 représentent en plan et coupe les fourneaux à laiton construits plus récemment à Hegermühle; ces fourneaux sont chauffés à la houille et renferment quatre creusets. *a*, voûte à jour en briques sur laquelle on place les creusets; *c*, grille sur laquelle on charge le combustible par la porte *d*; *e*, registre servant à régler l'arrivée de l'air à travers la grille; *f*, canal qui conduit la cendre et les escarbilles dans le cendrier *g*.

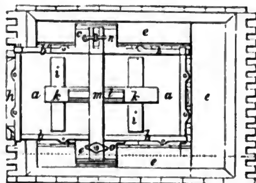
Les pots ou creusets, légèrement coniques, ont une hauteur à peu près double de leur diamètre à la partie supérieure et reçoivent une charge de 60 à 90^k de matières.

Enfin, dans quelques usines françaises on fabrique le laiton dans des fours à réverbère, ce qui procure une économie en combustible, mais donne lieu en revanche à un déchet plus considérable sur les matières premières.

Lorsque le laiton est fondu, on le coule dans des moules en granite. Ces moules, représentés en coupe et en plan fig. 1370 et 1371, consistent en deux plaques de *a*, *a*, de 1^m,70 de long sur 0^m,95 de large et 0^m,30 d'épaisseur, enveloppées de cadres en fer *b b*, et maintenues à une distance convenable l'une de l'autre par l'interposition des barres de fer latérales *g*, dont l'épaisseur est celle de la plaque à couler. La plaque de granite inférieure est encastrée dans un fort plancher *f f*, solidement fixée au madrier *c*, qui est arrondi à l'un de ses angles de manière à pouvoir tourner sur les poutres *e*, placées au fond de la fosse *d d*. Avant de couler, on recouvre les deux faces du moule d'une couche d'argile grasse très mince, que l'on unit bien et que l'on fait sécher d'abord à l'air et ensuite avec des charbons rouges, puis on les barbouille avec une bouillie de bouse de vache : ce dernier enduit se carbonise à chaque coulée, et par suite doit être répété chaque fois, tandis que la couche d'argile peut servir à 15 et même 20 coulées sans avoir besoin d'être renouvelée. Cela fait, on place les règles *g*, on abaisse la plaque de granite supérieure par un mouvement de bascule à charnière facilité par un contre-poids, on les réunit solidement au moyen des longs boulons *o*, *o*, et des pièces *m*, *i*, *k*, *l*, on fait tourner le moule avec le madrier *c* sur les poutres *e*, de manière à lui donner une inclinaison d'environ 30° sur l'horizon, et l'on coule le laiton par l'orifice *h*, à ce destiné. Aussitôt après la coulée on ramène le moule dans la position horizontale, on ouvre le moule, on retire la feuille de laiton, on enduit de nouveau de bouse de vache les

1370.





1371.

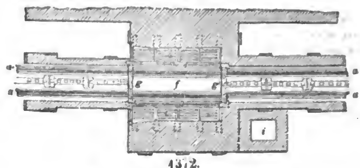
plaques de granite, et on les assujettit de nouveau pour une nouvelle coulée.

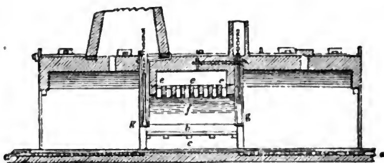
Lorsque l'on prépare le laiton au moyen de la calamine, il n'est pas possible d'y faire entrer plus de 27 à 28 p. 100 de zinc : si la proportion de ce métal doit être plus grande, on en ajoute une certaine quantité à la fonte; généralement même on fait l'opération en deux fois, en fabricant d'abord un alliage à 20 p. 100 de zinc, connu sous le nom d'*arcot*, et le traitant de nouveau comme du cuivre neuf. On fond ensemble, par exemple, dans chaque pot, à l'usine de Jemmapes, 30^k de cuivre rosette de Drontheim, 20^k de calamine grillée, 10^k de kiess, et 16^k de charbon de bois pour réduire la calamine, et on obtient 37^k 1/2 d'arcot; on emploie ensuite les mélanges suivants, selon que l'on veut obtenir un laiton sec ou un laiton gras : pour le laiton sec que l'on coule en planches, dites *plates*, ou en bandes de 0^m,015 d'épaisseur, dites *bandes de fil*, en emploie : cuivre rosette 12^k, mitraille jaune (vieux laiton) 9^k, arcot 20^k 1/2, calamine grillée et kiess 30^k, charbon de bois 16^k, et quand la matière bien fondue est réunie dans un seul pot, on y ajoute 3^k de zinc en fragments : on obtient 51^k de laiton renfermant 65 1/2 p. 100 de cuivre et 34 1/2 p. 100 de zinc. Pour le laiton gras, qui sert surtout a faire les épingles, on emploie : cuivre rosette 15^k, mitraille jaune 5^k, arcot 20^k, calamine grillée et kiess 30^k, charbon de bois 16^k, et on ajoute à la fin 4^k de zinc. Du reste, ces proportions varient suivant la nature des matières premières et la composition du zinc que l'on veut obtenir.

La fonte de l'arcot et celle du laiton s'exécutent de la même manière : le fourneau étant chauffé au rouge, on retire successivement les creusets pour y introduire la charge voulue, en ayant soin de placer le cuivre et l'arcot a la partie supérieure. Les creusets chargés et remis dans le fourneau on remplit celui-ci de houille, puis on ferme l'ouverture supérieure de celui-ci avec la plaque à ce destinée. On ménage la chaleur pendant 6 à 7 heures; au bout de ce temps, les creusets sont au rouge-blanc; on ranime alors le feu en chargeant de

 LAITON.

nouvelle houille. Peu de temps après avoir donné ce coup de feu, la fumée de zinc commence à paraître et indique que la réduction de la calamine s'opère; on ralentit alors un peu le feu, afin que le cuivre ne fonde pas trop rapidement et qu'il ait le temps, en tombant goutte à goutte, de se combiner avec le zinc qui se réduit. Au bout de 10 heures environ, la fonte est terminée, il ne se dégage plus de vapeurs des creusets et l'alliage s'est réuni au fond; on retire alors chaque creuset du fourneau; on enlève avec une espèce de cuillère en fer les escarbilles qui recouvrent le bain métallique, et l'on réunit dans un seul creuset l'alliage, qui se trouve dans chacun des huit ou quatre creusets. On laisse ensuite reposer pendant quelque temps, pour que les impuretés se portent à la surface de l'alliage : on les enlève alors avec une cuillère en fer fixée à un long manche en bois, et on coule le laiton dans le moule que nous avons décrit : on consomme environ 3 parties de houille pour 1 de laiton obtenu.


1372.


1373.

Quand on fabrique le laiton au moyen du cuivre et du zinc métallique, comme cela a lieu en France et en Angleterre, on met au fond des creusets le zinc en morceaux, et on le recouvre de cuivre en morceaux ou mieux grenaillé : tantôt on fabrique alors le laiton en une seule opération, tantôt en deux; on opère du reste tout à fait comme dans le cas précédent. La fonte dure un peu moins longtemps et la perte en zinc est peu considérable.

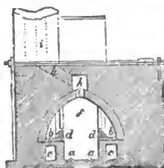
Les plaques de laiton sont ordinairement découpées en bandes à la cisaille, puis laminées; ce laminage s'exécute à froid; après deux ou trois passes, le laiton doit être recuit avant d'être laminé de nouveau par trousses de 2, 4 ou 8 feuilles, comme la tôle et le cuivre.

Les fourneaux dans lesquels s'exécute le recuit sont de deux formes suivant la dimension des feuilles de laiton. Les petits qui peuvent avoir 4m de long, ont à chaque extrémité une chauffe de 0m,33 environ de large, et la voûte a la forme d'un cylindre dont l'axe est parallèle au petit côté. La sole, formée de briques posées de champ, est horizontale. Sur le devant du fourneau existe une large porte que l'on soulève à l'aide d'un levier ou d'un contre-poids, et qui glisse entre deux coulisses en fonte. Le plus ordinairement ce fourneau n'a pas de cheminée, si ce n'est une hotte placée au-dessus de la porte, pour que la fumée ne se répande pas dans l'atelier. Quelquefois la voûte est percée de trous, comme dans les fours de verrerie.

Les feuilles de laiton sont placées les unes sur les autres; mais pour que la chaleur circule entre elles, on les sépare par des rognures, et la première repose sur deux barres de fer placées longitudinalement sur la sole du fourneau.

Les grands fourneaux représentés en plan fig. 1372, en coupe longitudinale fig. 1373, et en coupe transversale fig. 1374, ont jusqu'à 8m,33 de longueur sur 1m,66 de largeur. La sole *f* a 1m de largeur; sur chacun de ses côtés et dans toute sa longueur règne une grille *b b*, de 0m,33 de large, qui n'en est séparée que par un petit mur de 0m,055 à 0m,083; la voûte du fourneau est percée de 6 à 8 ouvertures *e*, *e*, qui conduisent la fumée dans le rampant *h*, d'où elle se rend dans la cheminée *i*. A chaque extrémité du fourneau, il y a une porte en fonte qui glisse dans des coulisses en fonte, et qu'on peut soulever à l'aide de leviers ou de contre-poids. Sur la sole du fourneau existe un chemin de fer *a a*, sur lequel on fait glisser le chariot qui porte les feuilles de laiton à recuire comme nous allons l'indiquer.

Les feuilles de laiton, dont la longueur est souvent


1374.

de 8m, ne pourraient pas être retirées ni mises aisément une à une dans le fourneau : comme le laminage se fait à froid, on les y place toutes à la fois et on les retire de même. A cet effet, on les place d'abord, en les séparant de distance en distance par des rognures, sur un chariot en fonte à 4 roues, dont la longueur est à peu près égale à celle du fourneau. On élève ensuite ce chariot avec une grue jusqu'à la hauteur du fourneau, et on le fait glisser sur les bandes de fer qui existent sur la sole. Pour ne pas perdre de chaleur, on a deux chariots, de telle sorte que lorsqu'on en retire un, on en place un autre, le fourneau reste ainsi toujours chaud. Ce moyen, très commode pour placer et retirer les feuilles, exige une grande consommation en combustible, parce qu'on est obligé de chauffer inutilement le chariot, dont le poids est souvent plus considérable que celui du laiton à recuire. P. DEBETTE.

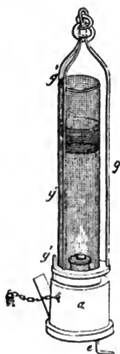
LAMINOIR. Voyez FER.

LAMPE. Voyez ÉCLAIRAGE.

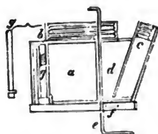
LAMPE DE SURETÉ. La découverte des lampes de sûreté est due au célèbre Davy, qui remarqua que la flamme produite par la combustion du gaz de l'éclairage, obtenu par la distillation de la houille, mêlé à quelque proportion d'air que ce soit, est interceptée par une toile métallique en fil de fer de 100 à 140 mailles au centimètre carré, et que le gaz qui se dégage dans les mines de houille est toujours moins inflammable que celui qui sert à l'éclairage. Ainsi, quand on a vissé sur le réservoir d'une lampe ordinaire un cylindre formé d'une semblable toile métallique, le mélange d'air et de gaz inflammable peut brûler à l'intérieur sans que l'inflammation se propage au dehors. Davy constata, toutefois, qu'un courant d'air un peu vif pourrait faire passer la flamme à travers du treillis métallique, et transmettre alors l'inflammation au dehors; aussi conseilla-t-il de la mettre à l'abri des courants au moyen d'écrans, ce qui ne se fait presque jamais et a quelquefois donné lieu à de graves accidents. A cela près, cette lampe est réellement une lampe de sûreté très efficace, et est universellement employée dans les mines à grisou. En

France, les règlements de police souterraine en prescrivent l'emploi, toutes les fois que l'administration des mines le juge nécessaire.

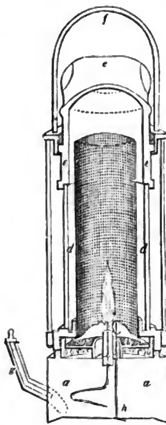
La fig. 1375 donne une élévation de la lampe de Davy : *a d*, réservoir d'huile, traversé par un tube dans lequel passe à frottement un fil de fer recourbé *e*, qui sert à moucher la mèche; *b*, pas de vis sur lequel on visse le cylindre en toile métallique; *c* (fig. 1376), ouverture fermée par une vis, et servant à verser de l'huile dans le réservoir, avec lequel elle communique par un tube qui plonge jusqu'en *f* près du fond de ce réservoir. Le cylindre en gaze métallique est entouré et protégé par quatre ou six gros fils de fer, qui se réunissent au-dessus de la lampe pour former l'anneau qui sert à la suspendre. Le cylindre est fermé à la partie supérieure, soit par une feuille de cuivre amboutie et percée de petits trous de 1 millim. de diamètre environ, autour de laquelle le cylindre en gaze est attaché au moyen d'un fil de fer, logé dans une gorge rentrante ménagée à cet effet, soit, le plus souvent, par un double cylindre en toile métallique semblable à celle de la paroi cylindrique, comme l'indique la fig. 1375.



1375.



1376.



1377.

Ces lampes ont de $0^m,20$ à $0^m,25$ de hauteur; on donne environ $0^m,06$ de diamètre au cylindre métallique, ayant 120 à 140 mailles au centimètre carré.

Ces lampes éclairent assez peu, et, dans les couches de houille puissantes, le mineur court risque d'être victime d'éboulements subits, qu'il aurait prévus s'il eût pu apercevoir les fissures de la roche. D'un autre côté, si par suite du mouvement de la lampe, lorsqu'elle est renversée par exemple ou par toute autre cause, il vient à se répandre de l'huile sur le treillis métallique, le poussier du charbon s'y attache, et la lumière déjà faible que répand la lampe se trouve encore considérablement diminuée. En outre, comme nous l'avons fait remarquer, un courant d'air un peu vif peut faire passer la flamme à travers l'enveloppe.

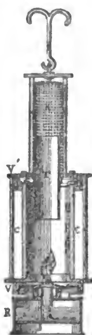
Pour remédier à ces inconvénients, Roberts imagina d'entourer le cylindre en gaze métallique, sur la moitié ou les deux tiers de sa hauteur, d'un cylindre en cristal *dd* (fig. 1377), et de faire arriver l'air nécessaire à la combustion par une rangée circulaire de trous percés tout autour de la partie supérieure du réservoir, à la hauteur du porte-mèche. L'air traverse deux rondelles annulaires superposées et en gaze métallique très serrée *bb*, puis est conduit de manière à raser la mèche, au moyen d'un tronc de cône métallique qui environne celle-ci et est coupé à la hauteur du porte-mèche. Cette lampe est plus sûre que la précédente, et la vitesse du courant ou l'agitation de la lampe au milieu d'un mélange explosif, ne déterminera jamais le passage de la flamme au dehors; néanmoins elle est peu usitée dans les mines, parce qu'elle donne encore moins de lumière que la lampe de Davy.

Dans la lampe de M. du Mesnil, essentiellement différente des précédentes, le réservoir d'huile est latéral; la mèche est plate, et l'air nécessaire à la combustion est amené sur les deux faces par deux conduits inclinés coiffés d'une gaze métallique; le cylindre en toile métallique est supprimé et remplacé par un cylindre très épais en cristal recuit, qui est serré entre deux plates-formes et partagé par des tiges en fil de fer, assez écartées pour ne pas intercepter une portion notable de la lumière. Au-dessus de la plate-forme supérieure s'élève une cheminée d'un diamètre moindre que celui du cylindre en cristal, et dont la hauteur est assez grande. Elle est à double paroi : la paroi interne descend un peu dans le corps de la lampe, où elle s'évase en forme d'entonnoir renversé. La cheminée se termine par un orifice rétréci, qui n'est garni d'aucune toile métallique. Cette lampe offre le même degré de sûreté que celle de Roberts, tant qu'elle est intacte, et éclaire à peu près trois fois autant qu'une lampe de Davy consommant la même quantité d'huile; mais à côté de ces avantages, elle a l'inconvénient d'être d'un transport difficile et souvent impossible dans les galeries basses, à cause de sa grande hauteur, qui, y compris la cheminée, est de $0^m,40$ à $0^m,45$, et de s'éteindre très facilement par le transport, par suite de la position latérale du réservoir.

M. Mueseler essaya de remédier à ces inconvénients en adoptant une disposition particulière, qui lui permit de réduire la hauteur de la lampe à $0^m,25$ environ. Cette lampe, qui est actuellement assez répandue dans les mines de Belgique, et qui éclaire comme deux lampes Davy, a son réservoir d'huile disposé de la même manière, ainsi que le porte-mèche et la tige servant de mouchette. L'enveloppe est formée, à sa partie inférieure et sur les $2/5^{es}$ environ de sa hauteur totale, d'un tube en cristal recuit, garanti des chocs intérieurs par six tiges verticales, ajustées inférieurement sur une virole qui se visse sur le contour du réservoir, et supportant à leur partie supérieure un cercle en cuivre. Au-dessus de ce tube est un cylindre en gaze métallique, fermé en haut par un chapeau en cuivre rouge percé de trous. A la jonction de ces deux cylindres est un disque en toile métallique, traversé en son milieu par un tube cylindrique ou légèrement conique, en tôle mince ou en fer-blanc, qui sert de cheminée, et descend à peu près jusqu'au milieu de la hauteur du cylindre en métal, en s'évasant à son orifice inférieur; il se prolonge au-dessus du disque jusqu'à la moitié environ de la hauteur de l'enveloppe en gaze métallique. L'air qui alimente la combustion arrive ainsi par la partie supérieure, descend le long des parois du cylindre en cristal, et les

produits de la combustion s'échappent en majeure partie par le tube central qui sert de cheminée. Cette lampe est au moins aussi sûre que les précédentes; mais elle s'éteint aisément par l'agitation, quoique moins facilement que la lampe du Mesnil, et elle a en outre le désavantage de ne projeter la lumière que dans une zône d'une très petite hauteur, par suite de la nécessité où l'on se trouve de tenir l'orifice inférieure de la cheminée en tôle très rapproché de la mèche, afin d'isoler le courant ascendant des gaz brûlés du courant d'air, qui descend le long des parois du cylindre en cristal pour venir alimenter la combustion. Cet inconvénient est surtout très grave dans les galeries d'une grande hauteur et peut donner lieu à de graves dangers.

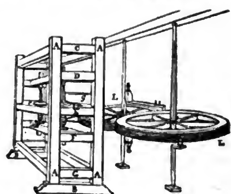
Enfin, M. Combes a cherché l'année dernière à réunir les avantages des lampes précédentes dans une nouvelle lampe, représentée en coupe (fig. 1378). Le réservoir d'huile est disposé comme dans la lampe de Davy; il est surmonté d'un rebord cylindrique percé, dans la partie contiguë au couvercle du réservoir, de quatre ouvertures rectangulaires qui l'embrassent sur presque tout son pourtour, et offrent une surface de 8 à 8 centimètres 1/2 carrés, et par lesquelles arrive l'air nécessaire à la combustion. Cet air traverse une ou deux rondelles superposées, en toile métallique, de 150 à 200 ouvertures au centimètre carré, posées par leur contour sur une saillie ménagée dans le rebord au-dessus de la rangée de trous. Ces rondelles sont maintenues, ainsi que le porte-mèche, par une virole vissée dans une petite tubulure filetée qui entoure le trou du porte-mèche. Un disque *o s*, embouti en forme de pavillon de cor, percé d'une ouverture circulaire concentrique à la mèche, est posé par-dessus les rondelles, et amène au centre de la lampe et au contact de la flamme la totalité de l'air qui a traversé les toiles métalliques. Ce disque est maintenu en place par la cage qui contient l'enveloppe supérieure de la lampe: celle-ci est formée de six fils de fer verticaux assemblés dans deux viroles en cuivre V, V'. La virole inférieure V se visse dans la partie supérieure du rebord du réservoir. L'enveloppe, qui est un cylindre en cristal *c c*, s'appuie sur une rondelle de drap ou de cuir collée sur le contour de la virole inférieure. Elle est maintenue en place par la partie supérieure de la lampe, qui se compose d'une cheminée cylindrique en toile métallique K, protégée par quatre tiges en fil de fer, d'une virole en cuivre portant une rondelle en toile métallique, et filetée extérieurement pour qu'elle puisse se visser dans l'intérieur de la virole V', et venir presser les bords supérieurs du cylindre en cristal, qui est ainsi maintenu en place. Une couronne de drap est collée au fond d'une gorge annulaire, dans laquelle pénètrent les rebords de ce cylindre. Enfin, la rondelle en toile métallique supporte à son centre un petit tuyau T en cuivre, qui s'enfonce dans l'intérieur du cylindre en cristal, sert de cheminée, et active le tirage et l'aspiration de l'air par les ouvertures percées au-dessus du réservoir. Les gaz brûlés passent par ce tube, arrivent dans l'enveloppe en toile métallique K, et se répandent finalement dans l'atmosphère. La rondelle en toile métallique, au centre de laquelle est fixé le tuyau T, permet aux gaz produits par la combustion de s'échapper entre le pourtour du tuyau T et le cylindre en cristal, de sorte qu'ils ne peuvent pas s'accumuler dans cet espace; ce qui fait que l'on peut agiter fortement cette lampe dans l'air sans l'éteindre. Cette lampe est aussi sûre que les précédentes; sa hauteur, qui n'est que de 0^m,27, en rend le transport facile, et elle donne une clarté supérieure aux lampes de Davy et Mueseler. La seule précaution à prendre est d'avoir soin d'enlever la rondelle en gaze métallique placée sous le pavillon *o s* pour remplir le réservoir d'huile; car une seule goutte d'huile répandue sur cette toile suffit pour boucher un grand nombre de mailles : alors la lampe fume, et le verre est bientôt noirci. P. DEBETTE.



1378.

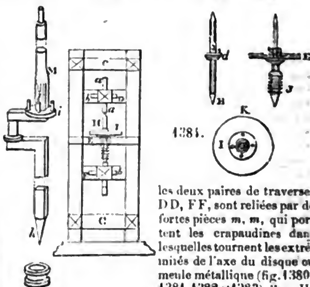
LAPIDAIRE (ART DU) (*angl.* art of lapidary, *all.* steinschleiferei). La taille de toutes les pierres fines n'est pas très différente de celle du diamant; seulement, pour ces pierres, on n'a pas besoin de les cliver pour les amener à la forme voulue, parce qu'étant moins dures que le diamant, elles se laissent très bien tailler sur une meule avec de l'*égrisée* (poussière de diamant), et même la plupart avec de l'émeri.

Le tour du lapidaire se compose d'un disque métallique placé horizontalement et tournant avec une grande vitesse; ce disque est de fer ou d'acier non trempé pour les diamants, pour les autres pierres de cuivre ou de plomb qu'on recouvre près du bord d'un mélange d'huile et d'égrisée ou d'émeri, et sur lequel on presse la pierre à tailler suivant l'inclinaison convenable. La fig. 1379 représente une vue perspective de ce tour; le bâti qui le supporte a environ 3^m de long sur 2^m de hauteur, les montants A, A, montés sur les pieds B, B. sont reliés de chaque côté par les cinq traverses C, D, E, F, G;



1379.

1380. 1381. 1382. 1383.

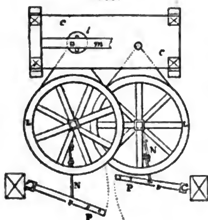


1384.

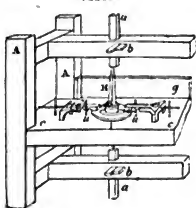
les deux paires de traverses D D, F F, sont reliées par de fortes pièces *m*, *m*, qui portent les crapaudines dans lesquelles tournent les extrémités de l'axe du disque ou meule métallique (fig. 1380, 1381, 1382 et 1383); l'axe H,

qui porte la meule I, fixé sur le collet *d*, est terminé par deux pointes, qui tournent entre deux poupées *a*, *a*, que l'on fixe au moyen de coins *b*, *b*; sur la partie inférieure de l'axe H, est monté un mandrin à plusieurs gorges J, sur l'une desquelles passe la courroie sans fin qui embrasse la roue de volée L (fig. 1379); cette dernière est montée sur un arbre coudé M (fig. 1385 et 1386); lié en *s v*,

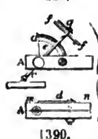
1385.



1388.



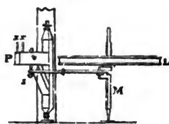
1389.



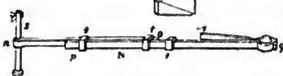
1390.

1391.

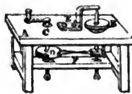




1386.



1387.



1392.

par la bielle N, et figurée plus en détail fig. 1386, au bras d'une potence P, à laquelle on imprime un mouvement circulaire alternatif.

Il y a toujours, comme l'indiquent les figures précédentes, deux meules montées sur le même bâti; la pierre à tailler (fig. 1388), est fixée avec un peu de soudure d'étain ou de mastic à l'extrémité d'un cylindre dit *bâton à ciment*, retenu dans les mâchoires d'un instrument appelé cadran. L'ouvrier, en s'appuyant sur un support *u*, placé près de la meule, présente la pierre à l'action de cette dernière en inclinant le cadran suivant la pente qu'il veut donner aux facettes, et en le chargeant quelquefois de poids pour faire mordre davantage la meule.

Cette opération présente quelques difficultés si l'on veut arriver à une régularité rigoureuse qui est essentielle pour multiplier les réflexions et les réfractions de la lumière par la correspondance des facettes; on se sert généralement, à Paris et à Genève, pour y arriver plus sûrement, d'un cadran perfectionné représenté fig. 1389 et 1390; le bâton à ciment *c*, au lieu d'être directement saisi par les mâchoires, passe à frottement dans un cylindre creux *e*, terminé par un cercle divisé *ff*, et porte une aiguille *g*, qui, par sa correspondance avec les degrés de ce cercle, permet de diviser exactement la circonférence de la pierre en faisant tourner le bâton à ciment dans son tube. Une vis de pression sert à le fixer dans chaque position où l'on veut former une facette. Quant à l'inclinaison de la pierre, on la règle au moyen d'un quart de cercle *d* placé sur le côté des mâchoires A.

La fig. 1391 qui représente un bâton à ciment, et la fig. 1392 qui représente un tour à polir les pièces d'horlogerie en acier, n'ont pas besoin d'une plus ample description.

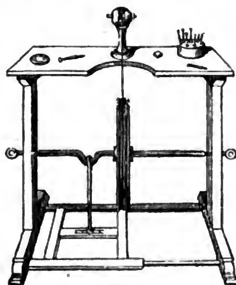
Aujourd'hui les diamants ne se taillent que de deux manières : en *rose* ou en *brillant*.

Les *roses* sont plates par dessous et sont toujours serties dans une monture pleine; elles sont divisées en deux parties; l'une, nommée *couronne*, est ordinairement une pyramide à six faces; l'autre, dite *dentelle*, se compose de dix-huit facettes triangulaires qui remplissent tout l'intervalle entre la couronne et la *base* de la pierre.

Les *brillants*, au contraire, se montent à jour; on les divise en trois parties égales; la *table* placée au-dessus est à huit ou douze pans; la partie inférieure ou *culasse* est taillée à facettes, qui doivent correspondre à celles de la partie supérieure, afin d'augmenter le jeu de la lumière.

L'opale se taille en cabochon.

Les autres pierres précieuses se taillent comme les brillants.



1393. 1394.

Les fig. 1393 et 1394 représentent le touret et les outils qui servent à opérer la gravure sur pierres fines par un travail analogue à celui du lapidaire, que nous avons décrit à l'article GRAVURE.

Voyez pour le complément de cet article les mots BIJOUTIER-JOAILLIER, DIAMANT, ÉMERAUDE, PIERRES-GEMMES, etc

LAPIS LAZULI ou LAZULITE. Voyez OUTREMER

LAQUE (*résine* ou *gomme*). Sorte de résine ou de gomme qui exsude de plusieurs arbres de l'Inde, par suite des piqûres faites par les femelles d'un insecte hémiptère, les *coccus lacca*. La couleur rouge de la résine vient de ces insectes.

Le principal de ces arbres est le *croton lacciferum*. L'insecte s'y multiplie, se fixe à l'extrémité des jeunes branches, les pique et s'ensevelit dans le suc qui en sort. C'est en coupant les tiges et les branches enduites de résine et de couvée, qu'on récolte la laque. Il est préférable de récolter la laque plutôt avant qu'après la sortie de l'insecte.

On connaît dans le commerce trois espèces de laques : la laque en bâton, la laque en grains et la laque en écailles.

La *laque en bâton* est celle qui adhère aux extrémités des branches de l'arbre. Elle y forme une couche d'un brun foncé d'une épaisseur variable, et renferme de 8 à 10 p. 100 d'une matière colorante rouge analogue à celle de la cochenille. Elle est transparente sur les bords et présente une cassure brillante. Elle offre à l'intérieur un grand nombre de cellules disposées circulairement autour du bois, et dont plusieurs contiennent encore l'insecte entier. Cette laque possède une saveur astringente, et colore la salive lorsqu'on la mâche pendant longtemps. Projetée sur des charbons, elle brûle en répandant une odeur forte et agréable.

La *laque en grains* n'est autre que la laque en bâton, qui s'est brisée et détachée des branches, que l'on réduit en poudre grossière, et que l'on fait bouillir ensuite avec une faible dissolution de carbonate de soude pour en extraire la matière colorante.

Le *laque en écailles* se prépare en faisant fondre les deux autres espèces, après les avoir fait bouillir dans de l'eau pure ou légèrement alcaline, les passant à travers une toile et les coulant sur une pierre plate. Cette laque ressemble beaucoup au verre d'antimoine, mais elle varie de couleur, suivant qu'elle a été plus ou moins privée de son principe colorant; de là, les noms de laque en écaille, *blonde*, *rouge* ou *brune*.

La laque est employée comme dentifrice ; on s'en sert dans la préparation des vernis, pour luter les pièces de terre et de faïence et pour la fabrication de la cire à cacheter.

La cire rouge de qualité supérieure s'obtient en faisant fondre à une douce chaleur 48 parties de laque en écaille, 12 p. de térébenthine de Venise et 1 p. de baume du Pérou, et mêlant à la masse, lorsqu'elle est en fusion, 36 p. de vermillon. Lorsque la masse en se refroidissant commence à devenir pâteuse, on la roule en cylindre ou on la comprime dans des moules en laiton. Dans la fabrication de la cire commune, on remplace une grande partie de la laque par de la colophane, et le vermillon par du minium.

La matière colorante rouge de la laque en bâton est employée dans la TEINTURE (voyez ce mot).

LAQUES (*couleurs*). On comprend sous ce nom toutes les couleurs matérielles formées par la combinaison d'une matière colorante organique, avec une base terreuse ou métallique, qui est ordinairement l'alumine ou l'oxyde d'étain. On les prépare de deux manières principales, soit en mélangeant la décoction de la matière colorante avec une dissolution d'alun, et ajoutant du carbonate de soude, qui décompose l'alun et donne lieu à un précipité d'alumine qui entraîne avec elle la matière colorante, soit, lorsque la matière colorante est susceptible de s'altérer par l'action des alcalis, en agitant sa décoction avec de l'alumine en gelée, qui détermine la précipitation de la matière colorante.

Les laques les plus employées sont les laques rouges, qui ont pour base le bois de Brésil, la garance et la cochenille.

Pour préparer la laque de garance, on fait macérer cette substance dans l'eau froide, on exprime fortement le résidu, on le délaie dans l'eau, et on recommence quatre ou cinq fois ce traitement ; on fait ensuite bouillir le résidu avec une dissolution d'alun, et l'on précipite la liqueur filtrée par le carbonate de soude.

Quand on a préparé le CARMIN, les liqueurs encore très colorées dont il s'est précipité, et la décoction des mares bien filtrée, servent à préparer la laque carminée. On y mêle 2 parties d'alun pour 1 p. de cochenille, et on ajoute quelques gouttes de dissolution d'étain, puis une quantité suffisante de carbonate de soude dissous dans l'alun.

L'oxyde d'étain se combine très bien avec les matières colorantes, mais en faisant virer leurs teintes naturelles ; ainsi, en ajoutant un excès de sel d'étain dans un bain de cochenille, on obtient une laque cramoisie très belle.

La graine d'Avignon sert à préparer la laque qui porte le nom de *still de grain*. L'excès de carbonate alcalin, que l'on emploie pour la précipitation, fait virer la couleur au brun-jaunâtre.

LARMES BATAVIQUES. Voyez VERRE.

LATITUDES ET LONGITUDES. La latitude d'un point est l'angle que fait la ligne zénithale passant par ce point avec le plan de l'équateur; elle est mesurée par l'arc de méridien compris entre le point et l'équateur.

La longitude d'un point est l'angle que fait le méridien passant par ce point avec un autre méridien servant de point de départ, celui de l'Observatoire de Paris, par exemple. Cet angle est mesuré par l'arc de l'équateur compris entre ces deux méridiens.

Jadis les navigateurs prenaient toujours pour premier méridien celui passant par l'île de Fer, la plus occidentale des îles Canaries ; mais aujourd'hui les Français prennent, en général, pour premier méridien celui passant par l'Observatoire de Paris, tandis que les Anglais et les Espagnols placent le 0 des longitudes sur le méridien passant par Greenwich ou par Madrid. La réduction de toutes ces longitudes à un même méridien est du reste facile, lorsque l'on connaît exactement la différence des deux méridiens ayant servi de points de départ.

La position d'un point quelconque du globe est toujours parfaitement connue, lorsque l'on a sa longitude et sa latitude. Aussi, lorsque les navigateurs veulent connaître la position qu'occupe leur vaisseau sur la mer, il faut qu'ils calculent ces deux ordonnées ; c'est ce que l'on appelle *faire son point*.

En vue des côtes, et à l'aide de bonnes cartes, les marins font leur point avec des relèvements pris à la boussole sur les différents points du rivage, qui servent à fixer sur la carte la position du vaisseau, et par suite sa longitude et sa latitude ; mais lorsqu'ils se trouvent hors de la vue de la terre, c'est toujours aux astres à qui ils sont obligés de s'adresser pour connaître d'une manière exacte, soit la longitude, soit la latitude.

Pour obtenir la latitude à la mer, les marins emploient trois procédés différents :

1° Ils observent la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, lorsque cet astre se retrouve dans le méridien du lieu, c'est-à-dire à l'heure du midi vrai.

Le soleil obtient sa hauteur maximum au-dessus de l'horizon, précisément au moment de son passage au méridien. Pour reconnaître cet instant, il suffit, lorsque les chronomètres du bord annoncent les approches de midi, d'observer la hauteur du soleil d'une manière continue. Après avoir vu cet angle grandir, il arrive un moment où il diminue ; alors l'observation est terminée, et la hauteur maxima observée est celle que l'on emploie pour le calcul de la latitude.

2° Lorsque quelque obstacle, tel que le passage d'un nuage, peut empêcher d'observer le soleil au moment

précis de son passage au méridien, les marins prennent sa hauteur au-dessus de l'horizon plusieurs fois avant ou plusieurs fois après ce passage, en ayant soin de noter à chaque fois l'heure précise de l'observation qui est accusée par un chronomètre dont la marche est connue.

3° Deux observations de hauteur du soleil au dessus de l'horizon, séparées par un intervalle mesuré par un bon chronomètre, suffisent pour le calcul de la latitude. Ce troisième procédé comporte, du reste, des calculs différents, suivant que l'intervalle de temps qui s'écoule entre ces deux observations est grand ou très petit.

La première de ces trois méthodes comporte l'observation et les calculs les plus faciles; elle est d'une grande exactitude; aussi on n'a généralement recours à la seconde que lorsqu'on ne peut employer la première. Le calcul de la latitude par deux hauteurs de soleil et l'intervalle est aussi compliqué; il est rare que l'on y ait recours, à moins de circonstances pressantes.

Enfin, les marins peuvent encore déterminer la latitude, soit par des hauteurs lunaires, soit par les hauteurs simultanées de deux astres; mais ces observations entraînent après elles tant de difficultés, qu'ils y ont à peu près renoncé. Il est rare, en effet, que l'horizon de la mer pendant la nuit soit suffisamment éclairé pour que l'on puisse obtenir la hauteur des astres avec une grande exactitude. Lorsque, dans le jour, l'on aperçoit le disque lunaire, alors, en général, on peut faire des observations sur le soleil qui sont toujours préférées.

Le soleil, dans son mouvement apparent autour de la terre, passe momentanément par tous les méridiens et y marque le midi de chaque jour. Il en résulte que la différence de temps qui s'écoule entre le midi, de deux lieux placés sous deux méridiens différents, représente en temps la différence de ces deux méridiens, c'est-à-dire la différence des deux longitudes, en temps qu'il est toujours facile de convertir en degrés.

Pour trouver la longitude d'un point il suffit donc de mesurer la différence en temps des deux méridiens passant, l'un par le point de départ (l'Observatoire de Paris, par exemple), et l'autre par le lieu de l'observateur, c'est-à-dire déterminer la différence des heures entre deux lieux. Les marins y parviennent par deux méthodes différentes :

1° Par le transport direct du temps au moyen de chronomètres qui ont été parfaitement réglés sur l'heure du lieu de départ dont la longitude était connue. Des observations de hauteur au-dessus de l'horizon permettent de calculer l'heure du lieu, et sa comparaison avec l'heure du lieu de départ indiquée par le chronomètre fait connaître la différence des longitudes en temps.

L'exactitude de ce procédé dépend uniquement de celle des mouvements du chronomètre; malgré toute la perfection que l'on est parvenu à donner à ces instruments nautiques, ils ont besoin d'être réglés très souvent dans des lieux dont la longitude est connue, afin de déterminer surtout leurs marches, c'est-à-dire leur avance ou leur retard dans les 24 heures. Grâce à la multiplicité des voyages scientifiques, il existe aujourd'hui à peu près, dans toutes ces mers, des lieux dont la longitude est assez bien déterminée pour que les marins puissent y rectifier leurs chronomètres et poursuivre leur navigation avec sécurité.

2° On sait que les distances angulaires de certains astres varient à chaque instant en suivant des lois définies par l'astronomie. Par suite des calculs qui se font à l'avance dans les observatoires, les distances angulaires de certains astres, tels que ceux qui existent entre le soleil et la lune, sont données aux marins pour chaque heure des jours de l'année où il est possible de les observer. Il en résulte que les navigateurs peuvent, en observant directement ces distances, connaître exactement l'heure de Paris, par exemple, au moment de l'observation. Si eux-mêmes ils ont observé l'heure exacte du lieu où ils se trouvent, la différence des heures nous donnera la différence en temps des longitudes.

Cette deuxième méthode nécessite des calculs beaucoup plus compliqués que la première. En outre, comme les distances entre les deux astres ne varient que très lentement, elle exige des observations très précises; car une différence légère dans les heures entraîne des erreurs considérables pour la longitude. Enfin, le soleil et la lune qui sont les deux astres les plus commodes pour ce genre d'observations ne sont pas toujours visibles à la fois. Toutefois, cette méthode d'observer la longitude est fréquemment employée même à bord des vaisseaux munis de chronomètres; car c'est le seul moyen de reconnaître dans les longues navigations si les horloges n'ont pas éprouvé de dérangement dans leur mécanisme.

En outre de ces diverses méthodes de faire le point, on calcule aussi à bord de chaque navire ce que l'on appelle la longitude et la latitude estimée.

Un vaisseau part d'un point dont la longitude et la latitude sont connues; si au bout d'un certain temps l'on connaît la direction qu'il a suivie et le nombre de milles qu'il a parcourus, on en déduira facilement la longitude et la latitude du point d'arrivée; or, ces données sont fournies par le loch et la boussole (voyez NAVIGATION), instruments de peu de précision. Une grande partie des navires de commerce n'ont souvent pas d'autre moyen de reconnaître leur position, car le prix élevé des instruments nautiques, la difficulté des observations et des calculs font que souvent les capitaines renoncent à en faire usage.

Dans tous les cas, les marins sont obligés d'avoir recours à la longitude et la latitude estimées pour les calculs astronomiques; et enfin la comparaison de la position estimée avec celle qu'occupe réellement le navire sert à faire reconnaître au navigateur la direction et la force des courants qui agissent sur son bâtiment. Il est vrai que cette appréciation n'est jamais qu'approximative à cause du peu d'exactitude des instruments qui servent à estimer la route; mais on connaît toujours à peu près les limites d'erreurs qui peuvent provenir du peu de précision du loch et de la boussole, et dans la comparaison des chiffres provenant de l'estime et de l'observation, il est toujours possible de faire la part des erreurs de celle que l'on doit attribuer aux courants.

LAVAGE. Voyez *méthode par* DÉPLACEMENT, FILTRATION, MÉTALLURGIE.

LAVAGE DES LAINES. Voyez LAINES.

LÉIOCOME, *amidon torréfié*, gomme-fécule. Voyez AMIDON et DEXTRINE.

LEVAIN (*angl.* leaven, *all.* gaehruugstoff). La pâte servant à la confection du pain, abandonnée à elle-même, acquiert des propriétés de plus en plus acides, et devient susceptible de déterminer la fermentation d'une nouvelle quantité de pâte; c'est un moyen que l'on met chaque jour en usage pour faire lever la pâte qui sert à confectionner le PAIN.

Dans les pays où l'on fabrique de la BIÈRE, on remplace la levure de pâte par de la *levure de bière*, agent beaucoup plus énergique, mais on doit en ménager la quantité, sans quoi elle communiquerait au pain un goût désagréable.

En Angleterre on se sert d'une sorte de levain dont l'effet ne dépend nullement de la fermentation; c'est du sous-carbonate d'ammoniaque que l'on incorpore dans la pâte, et qui, en se dégageant, lors de la cuisson, détermine dans toutes les parties de la pâte une foule de cavités semblables à celles produites par l'acide carbonique résultant de la fermentation.

LEVÉ DES PLANS. Cette opération a pour but de représenter la position d'un terrain et des divers accidents qui s'y trouvent, au moyen de leur projection.

horizontale, à une échelle déterminée, et de courbes de niveau qui permettent d'en tracer le profil dans une direction quelconque.

L'instrument le plus simple que l'on puisse employer pour des levés d'une faible étendue est *l'équerre d'arpenteur*. C'est un prisme à huit pans ou un cylindre creux vertical, monté sur un piquet armé à sa partie inférieure d'un sabot en fer qui sert à l'enfoncer dans le sol. Huit fentes placées au pourtour du cylindre déterminent quatre plans diamétraux qui font entre eux des angles de 45°. On peut ainsi diviser le terrain à lever en triangles dont les angles ont 45 ou 90°, et dont on détermine les côtés en tout ou en partie en les chaînant, ce qui permet de les tracer sur le papier et d'en calculer la surface, ce qui est l'objet principal des toiseurs-vérificateurs qui font surtout usage de cet instrument.

Dans le cadastre on se sert beaucoup de la *planchette*, qui consiste en une simple planche montée à genou sur un pied à trois branches, et sur laquelle on tend une feuille de papier. On mesure une base horizontale sur le terrain, et on prend comme stations les deux extrémités de cette base, ainsi qu'un nombre de points suffisants tels que l'on puisse autant que possible apercevoir tous les accidents du terrain, de deux de ces points, en les marquant au moyen de jalons. Arrivé à une station on pose le point de la station sur la planchette sur le trou du jalon, au moyen du fil à plomb, en faisant tourner la planchette de manière à l'orienter, c'est-à-dire de manière à ce qu'en visant avec une alidade à pinnules ou à lunette l'une des stations précédentes, la règle de l'alidade coïncide avec le trait qui, sur le papier, indique cette direction; enfin il faut la placer exactement horizontale, ce qui se fait à l'aide d'un niveau à bulle d'air. On fait alors passer l'alidade par le point de station et on vise successivement tous les points dont on veut déterminer la position et que l'on aperçoit, en traçant sur le papier les positions correspondantes de la règle de l'alidade; on détermine ensuite ces points soit par recoupement au moyen des rayons visuels partant d'une autre station, soit au moyen d'un chaînage que l'on reporte sur la direction de la ligne de visée, d'après l'échelle de réduction adoptée.

Pour les plans de peu d'étendue on se sert aussi souvent d'une boussole à pinnules ou à lunette montée sur un pied, en notant à chaque station les angles que l'aiguille aimantée fait avec les rayons visuels dirigés vers les points d'observation. L'aiguille aimantée ayant une direction sensiblement constante dans le même lieu, les angles des rayons visuels sont les différences des indications de la boussole et peuvent être aisément tracés sur le papier au moyen d'un rapporteur. En y joignant un certain nombre de chaînages, on a tous les éléments nécessaires pour le tracé des plans.

Enfin on mesure les angles avec plus d'exactitude au moyen de deux lunettes, l'une fixe, l'autre mobile; ce sont le *graphomètre* et le *cercle répétiteur*. Le théodolite n'en diffère qu'en ce que les deux lunettes ont un mouvement dans le sens vertical qui permet de réduire immédiatement les angles à l'horizon.

Au moyen des instruments que nous venons de décrire on obtient une projection horizontale du terrain. Pour achever d'en avoir une représentation exacte, il faut y tracer des courbes de niveau, ce qui se fait au moyen de la détermination des cotes de hauteur d'un certain nombre de points. On se sert à cet effet de mires glissant sur des tiges graduées, que l'on transporte aux différents points, dont l'on veut déterminer la différence de hauteur, et d'un niveau à bulle d'air et à lunette, qui sert à fixer ces mires.

Dans quelques cas, on détermine la hauteur des montagnes au-dessus du niveau de la mer au moyen d'observations barométriques.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que du levé des plans à la surface; il nous reste à dire quelques mots sur le levé des plans de mines.

Ordinairement, dans ce cas, on fixe dans les galeries, alternativement de chaque côté, des clous sur lesquels on tend une ficelle; on observe entre chaque station la largeur et la hauteur des galeries, leur état, etc., et la longueur d'un clou à un autre, en la chaînant. On prend ensuite la direction, en accrochant au milieu de la ficelle une boussole ayant un double système de suspension, autour de deux axes, de sorte qu'elle demeure toujours horizontale; puis on mesure l'inclinaison en suspendant près de chaque clou un demi-cercle divisé et portant en son centre un fil à plomb, et prenant la moyenne des deux observations, pour avoir l'inclinaison moyenne. Les longueurs mesurées multipliées par les cosinus des inclinaisons observées donneront les projections horizontales, et on aura les différences de hauteur en les multipliant par les sinus des mêmes angles; il sera donc facile de tracer les projections horizontales et verticales des galeries.

Dans les mines qui renferment du fer oxydulé ou des chemins de fer, on ne peut se servir de la boussole à cause de la déviation que la présence du fer ferait éprouver à l'aiguille aimantée. Dans ce cas, on se sert d'un théodolite muni de deux lunettes pour mesurer les angles de direction et dont la lunette supérieure se meut le long d'un limbe vertical gradué qui permet de mesurer les inclinaisons. Comme cette lunette est excentrique, on mesure de nouveau les angles en retournant l'instrument et on en prend la moyenne, ce qui corrige l'erreur d'excentricité. On se sert comme points de visée de lampes placées sur des pieds de même hauteur que celui du théodolite.

LEVIER. C'est la plus simple des machines; elle consiste en une verge inflexible droite ou courbée, assujettie à tourner autour d'un point fixe ou point d'appui, et sollicitée par deux forces qui tendent à lui imprimer chacune un mouvement *en sens contraire*, et auxquelles on donne ordinairement le nom de puissance et de résistance.

Quand le point d'appui est situé entre la puissance et la résistance, le levier est dit de la première espèce. Dans le levier de la seconde espèce la résistance est placée entre le point d'appui et la puissance. Enfin, dans le levier de la troisième espèce, la puissance est placée entre le point d'appui et la résistance.

La condition pour que la puissance et la résistance se fassent équilibre, est que ces forces soient situées dans le même plan et en raison inverse de leurs bras de levier, c'est-à-dire de leur distance au point d'appui, ou en d'autres termes que leurs moments, par rapport à ce point, soient égaux : on entend par moment d'une force par rapport à un point, le produit du nombre qui exprime cette force par la perpendiculaire abaissée du point sur la direction de la force.

LICHEN. Nom d'une famille de végétaux cryptogames de forme très variée, mais qui sont faciles à distinguer à leur consistance particulière, sèche et coriace, jamais charnue ni véritablement foliacée. Ils absorbent promptement l'humidité de l'air et le laissent échapper avec la même facilité, aussi sont-ils généralement secs et friables par un temps sec, mous et flexibles par un temps humide. Ils végètent sur les troncs des arbres, les pierres, la terre humide, les vieux bois, en un mot sur toutes les surfaces humides, et se fixent sur ces corps par des sortes de crampons et non par de véritables racines.

Les plus employés sont : 1° le *lichen parellus* ou *parelle d'Auvergne*, et le *lichen rocella* qui se trouve aux îles Canaries, qui servent tous les deux à la fabrication de l'ORSEILLE; et 2° le lichen d'Islande ou *cetraria islandicus*, qui est employé comme médicament et comme

substance alimentaire, après l'avoir toutefois dépouillé de son amertume en le laissant macérer pendant quelque temps dans de l'eau. On en a retiré, ainsi que de plusieurs autres espèces de lichen, le *lichen carragheen* surtout, une matière gommeuse qui peut être employée avec beaucoup d'avantage dans la préparation du *parement* dont les tisserands enduisent les chaînes de leurs pièces, et donne à ce parement une souplesse et une élasticité qui permettent aux ouvriers de travailler dans des lieux secs, et de se soustraire par là aux inconvénients qui résultent pour lui de travailler constamment dans des lieux humides.

LEVURE DE BIÈRE. Voyez BIÈRE.

LIÉGE (*angl.* cork, *all.* kork). Le liége est l'écorce d'une espèce de chêne qui croît dans les terrains arides du midi de l'Europe et du nord de la Barbarie. On rencontre le *quercus suber* en France, dans les départements du Var, des Landes, de Lot-et-Garonne et des Pyrénées orientales où l'on fabrique beaucoup de bouchons; le liége de Barbaste est le plus beau de France; la Corse possède beaucoup de *chênes-liége*, mais il n'y est presque pas exploité, ce qui fait qu'il est dur et cassant, car le liége a besoin d'être en exploitation pour s'améliorer; celui qu'on récolte régulièrement tous les six à huit ans, acquiert la qualité voulue; c'est par défaut d'exploitation que les forêts de la Calle et de Bone en Afrique, fréquemment incendiées par les Arabes, seront encore longtemps fort peu productives, au dire de Bory-de-Saint-Vincent, et à cause des animaux féroces qui sont en si grand nombre dans ces forêts, qu'il n'est pas possible d'y marcher pendant une heure sans y rencontrer des tigres, des lions, des hyènes et des sangliers en très grand nombre. L'Italie aussi possède des chênes-liége, mais l'Espagne et le Portugal sont les pays les plus favorisés sous ce rapport; le liége de la province de Lérida est le plus estimé, aussi le gouvernement de Madrid vient-il d'en interdire l'exportation en planches, attendu qu'il peut être à peu près entièrement façonné par les bouchonniers du pays. Séville expédie beaucoup de liége à l'Angleterre qui en tire aussi de Sétubal, de Porto et de tout le Portugal. L'Estramadure possède de très grandes forêts de liéges, mais elles n'ont pas encore été mises en valeur. La Toscane, la Calabre, la Sardaigne, la Sicile fournissent du liége à la France; mais si celui d'Espagne et de Portugal venait à manquer au commerce, il y aurait disette de bouchons.

Il y a deux espèces de chêne-liége, le blanc et le noir; le blanc croît en France, le noir en Espagne.

La récolte du liége n'est pas une opération difficile, et cependant, quand elle est faite brutalement, elle peut déterminer la perte de l'arbre qui, sans cela, peut être dépouillé dix à douze fois pendant sa vie.

On pratique deux incisions annulaires, au-dessus et au-dessous de la portion d'écorce que l'on veut obtenir, on la fend ensuite par des incisions perpendiculaires et parallèles, au nombre de deux ou trois, et par l'application du feu ou de la flamme à l'extérieur, les planches se détachent aisément; mais il faut avoir soin de respecter les couches de *liber* nécessaires à l'existence de tous les végétaux.

Les planches de liége les plus légères, d'un grain fin, sans nœuds ni crevasses, d'un ton gris-jaunâtre, sont les meilleures, mais il est fort rare de rencontrer une planche un peu grande sans défauts. Le liége de Portugal est gratté soigneusement, le charbon en est enlevé, ce qui le rend, comme on dit, plus marchand.

Nous ne ferons pas l'énumération des nombreux emplois du liége, mais on serait fort en peine de le remplacer, si cette substance venait à manquer dans le commerce; car on n'a rien encore trouvé qui pût en tenir lieu, pour conserver hermétiquement et économiquement les liquides. On peut fabriquer d'énormes bondes en collant des pièces de liége ensemble à l'aide d'une colle indélébile dont la base est la gomme-laque; on en fait des semelles contre l'humidité et les garnitures de filets de pêche. On assouplit les bouchons trop durs à l'aide d'une mâchoire et d'un levier, de manière à les introduire aisément dans de petits goulots : les bouchons de Champagne donnent un exemple de la réduction de volume auquel on peut amener le liége, et ce qu'il y a de singulier, c'est qu'on peut faire reprendre à ces bouchons, ainsi écrasés, leur forme première, en les traitant par la vapeur.

On conçoit que le travail à la main ne produit jamais deux bouchons parfaitement semblables, et il faut qu'ils soient assortis pour le consommateur qui a souvent des parties de bouteilles neuves, du même diamètre de goulot; c'est en faisant ce simple travail d'assortiment que certaines maisons bien connues ont amassé des fortunes colossales à Paris.

Les bouchons fabriqués à la mécanique tombent tout assortis, de tous les diamètres et de tous les degrés de conicité voulus. C'est la routine ancienne qui veut encore des bouchons coniques; les bouchons cylindriques dont on comprime un bout pour leur donner de l'*entrure* ferment beaucoup mieux les bouteilles, témoin les bouchons à vin de Champagne qui sont tous cylindriques. Le goulot des bouteilles étant légèrement étranglé sous la bague, le liége s'épanouit quand il a passé le défilé, il fermerait comme un piston de presse hydraulique si l'extrémité du bouchon était un peu évidée.

Le goulot des bouteilles anglaises est encore plus rationnellement fabriqué que celui des nôtres, son entrée est évasée en entonnoir, puis vient l'étranglement suivi d'un nouvel évasement; l'intérieur du goulot représente, en un mot, deux cônes tronqués opposés par le sommet.

L'introduction du bouchon cylindrique a lieu dans ces bouteilles, sans autre précaution qu'un grand coup de maillet; la bouteille reposant perpendiculairement sur un bloc de bois placé au centre d'une cuvette, résiste parfaitement à ce choc direct. La casse est infiniment moindre, ainsi que par le bouchage à main levée, c'est-à-dire sans appui pour la bouteille.

Nous profiterons de cette occasion pour répéter un conseil que nous avons déjà plusieurs fois adressé aux fabricants de vin mousseux, pour éviter entièrement la casse et simplifier leur travail d'épuration. Il nous semble qu'au lieu de traiter leur vin bouteille par bouteille, il serait plus simple de le traiter par mille et même par dix mille bouteilles à la fois. Il suffirait pour cela d'avoir de grands cylindres en tôle, étamés en dedans et suspendus sur un axe transversal qui permettrait de les incliner sous tous les angles, jusqu'à la verticale; ces cylindres, semblables à des chaudières à vapeur, seraient munis de soupapes de sûreté pour laisser échapper les gaz, dont la formation dépasserait la pression voulue, pendant la fermentation. Ces cylindres, dont l'extrémité se terminerait par un cône muni d'un fort robinet, seraient, comme les bouteilles, inclinés graduellement, et laisseraient échapper la lie jusqu'au dernier atome. Quand le vin commencerait à sortir clair, on procéderait à la mise en bouteilles sous pression et à la mécanique, comme cela se pratique pour l'eau gazeuse.

Le prix d'achat de ces réservoirs serait bientôt couvert par l'absence de toute casse, l'économie de la main-d'œuvre et celle des bouchons perdus par les opérations de la double purge. Ce n'est pas une petite dépense pour la Champagne que celle des bouchons, car elle en consomme annuellement pour près de quatre millions de francs; ce sont des bouchons spéciaux du liége le plus fin, et qui coûtent aujourd'hui de dix à onze centimes la pièce.

Les mécaniciens les plus distingués de France, d'Angleterre et d'Allemagne, n'ont cessé de faire des efforts

inouïs, pour remplacer par la mécanique les nombreux ouvriers bouchonniers qui vivent de ce travail, mais ils ont rencontré des obstacles insurmontables dans l'emploi mécanique des lames tranchantes ; tant à cause des corps étrangers, du sable et des résines durcies qui se trouvent dans les pores du meilleur liége, qu'à cause de la variété considérable de grandeurs et de sortes de bouchons qui exigerait une infinité de machines compliquées dont les tranchants, bien qu'aiguisés continuellement, ne peuvent faire un service assez long sans s'émousser. Il a donc fallu s'en tenir au couteau primitif, dont le fréquent graissage dépose toujours un peu d'huile dans les pores de quelques bouchons, qui communiquent aux vins un goût de rancidité, dont on ne sait découvrir la cause.

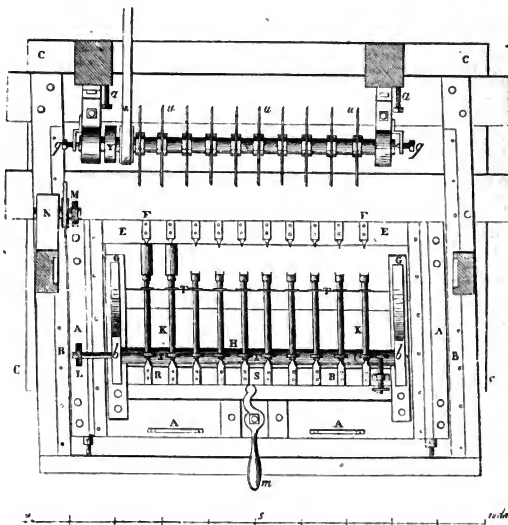
C'est après être passé par toutes les phases de cette fabrication difficile et avoir dépensé beaucoup d'argent, que M. Moreau s'est avisé de retourner la question de fond en comble. Abandonnant les routes battues où il n'avait rien trouvé de bien supérieur à ses prédécesseurs, il est parvenu depuis peu à construire une machine sans tranchants, dans laquelle il suffit d'introduire le liége, qui en sort tout façonné en bouchons de toutes grandeurs, parfaitement cylindriques ou coniques, polis et veloutés, sans que la graisse ni la main de l'ouvrier les ait touchés et salis.

Le principe découvert par M. Moreau, l'usure par la friction rapide, nous semble si fécond, qu'il nous est permis d'en attendre chaque jour des résultats plus considérables. Par exemple, le liége se façonne entre ses mains en bouchons à tête profilée, avec netteté. Chaque grande maison aura peut-être un jour ses bouchons de luxe, portant la silhouette de son chef.

Pour ne pas nous éloigner de la partie utile, nous dirons que les déchets de cette nouvelle fabrique ont trouvé des applications que ne présentent pas les déchets des anciennes, qui sont d'ailleurs trop disséminés, et qui coûteraient trop à réunir. Par exemple, il résulte de la friction une farine de liége qui sert à polir les métaux, et qui, brûlée en vase clos, donne le plus beau noir d'imprimerie que l'on connaisse ; cette poudre trouvera bientôt une multitude d'emplois dans les arts industriels. On fait avec les copeaux de liége des ceintures, des gilets et des matelas de sauvetage, les premiers ont été embarqués sur le *Constant* parti d'Anvers pour le Brésil. Ce navire a péri dans la nuit du 12 au 13 octobre de l'an passé, à douze milles de Saint-Thomas, et tout l'équipage a été sauvé.

Il serait difficile de donner une idée bien juste de la consommation des bouchons ; mais on sait qu'elle est énorme. La Champagne seule en emploie 40 millions, au prix de 80 à 100 francs le mille. L'Angleterre en emploie, tant pour elle que pour ses envois aux colonies et en Amérique, plus de 20 millions par jour. Aussi les docks de Londres sont-ils toujours pourvus de montagnes d'écorces, qui se démolissent et se reforment sans cesse, par les arrivages d'Espagne, de Portugal et d'Italie.

Les bouchons se vendent de 4 fr. à 100 fr. le mille. l'importance de ce commerce pour la Grande-Bretagne



est d'environ 20 millions par an. Il est de près de 50 millions pour l'Europe. Il ne faut donc pas s'étonner des fortunes colossales faites dans ce commerce, par presque toutes les maisons qui s'y sont livrées.

L'écorce de liége qu'on emploie pour la fabrication des bouchons se présente ordinairement sous la forme de larges planches courbes. Avant d'être transformée en bouchons, elle subit plusieurs opérations que nous allons décrire :

1° On divise l'écorce en bandes d'une largeur égale à la longueur des bouchons qu'on veut obtenir;

2° On subdivise ces bandes en parallélipipèdes rectangles. Ces deux opérations préparatoires se font à la main et au couteau; on présente ces parallélipipèdes à l'entrée d'un instrument facile à comprendre, puisqu'il ne se compose que d'un tube creux animé d'une grande vitesse de rotation, contre leqnel il suffit d'appuyer l'extrémité des parallélipipèdes de liége qui le traversent et sortent cylindriques, de carrés qu'ils étaient entrés, parce que le tube est armé à son ouverture d'un anneau tranchant.

Machine pour rendre les bouchons coniques. Cette machine se compose de deux parties principales :

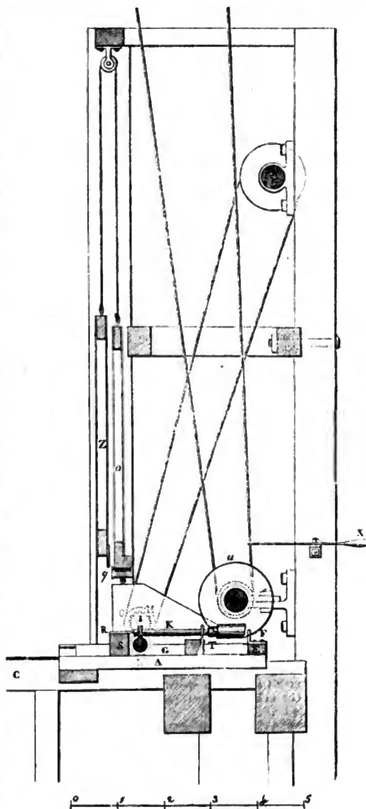
1° D'un chariot glissant horizontalement dans les coulisses d'un bâti, et muni de broches portant chacune un morceau cylindrique de liége de la longueur d'un bouchon;

2° De meules fixées sur un même axe, tournant dans des coussinets d'about, et qui, par leur grande vitesse de rotation, usent et polissent par une vive friction les morceaux cylindriques de liége que les broches leur présentent obliquement en accomplissant un mouvement de rotation lent et uniforme.

Il y a une troisième partie moins importante, mais qui complète l'ensemble de cette machine; ce sont deux cadres en bois, glissant dans des coulisses ménagées dans les montants du bâti et suspendus sur une poulie fixée au milieu d'une traverse, à l'aide d'une corde. L'un de ces cadres est muni en dessous de godets en fer-blanc, dans lesquels on place le liége préparé, et de deux pieds munis de roulettes; l'autre cadre porte des morceaux de tôle, découpés en forme de fer à cheval qui servent, en s'abaissant, à faire tomber les bouchons terminés, quand on retire le châssis qui porte les tiges, lesquelles tiges en reculant abandonnent les bouchons qui butent contre les fers à cheval et se détachent des pointes qui les retenaient.

Description de la machine à friction. Cette machine est représentée en plan fig. 1395, et en coupe fig. 1396 : Le chariot se compose de deux châssis en bois. Le premier, celui de dessous A, qui glisse obliquement dans des coulisses en fer B, fixées sur le bâti en bois C, porte sur la traverse de derriere E, de petites équerres en fer F, munies chacune à leur extrémité d'une pointe. Le second châssis, celui de dessus G, qui glisse aussi horizontalement dans le premier, A, porte une vis sans fin H, qui commande les pignons I, lesquels font tourner les broches K, armées de deux pointes. Cette vis est munie à l'une de ses extrémités d'un pignon L, commandé par un autre M, dont le support est fixé sur le montant N. Sur l'axe du pignon M est fixée une poulie O, qui reçoit son mouvement d'une autre poulie placée sur l'arbre Q.

Les broches K sont supportées à l'une de leurs extrémités par les pointes de petits fers R assujetties à la traverse S du châssis intérieur G, et vers l'autre, par



1396.

de petits supports en fer percés T, dans lesquels ils tournent librement. Ces broches sont munies, comme nous l'avons déjà dit, à leur extrémité de deux pointes.

Meules. Les meules u, chacune de 20 centimètres de diamètre, sont en liége ou de tout autre matière flexible, et enduites, d'un côté, de colle-forte mêlée d'émeri.

Elles sont fixées sur l'arbre V, qui, à l'aide de vis *q*, *q*, peut être avancé ou reculé horizontalement à droite ou à gauche, selon l'épaisseur que l'on veut donner aux bouchons. L'arbre est en outre muni, à l'une de ses extrémités, d'une poulie fixe W, qui imprime aux meules un mouvement d'environ deux milles tours par minute. A côté de cette poulie fixe se trouve une poulie folle Y. X, est une fourche qui sert à transmettre la courroie d'une poulie sur l'autre.

Marche de la machine. On avance d'abord le chariot A, à fond ; sa course est déterminée par des têtes de vis *a*, *a*, fixées dans le bâti. En même temps le cadre O, qui est pourvu de roulettes, s'élève sur le talus *bb* que porte le châssis G, et présente les godets *p* pour recevoir le liége préparé cylindriquement ; cette opération faite, on retire le chariot, tandis que le cadre O, descendant des talus, s'abaisse et les godets se placent entre les pointes des broches et celles fixées sur la traverse E. On ferme ensuite, à l'aide d'un levier courbé M, le châssis intérieur G, alors le liége qui se trouvait dans les godets est poussé par les broches K et est saisi entre les pointes de ces broches et celles fixées sur la traverse du châssis A. Enfin, en avançant de nouveau le chariot jusqu'au fond, le liége se présente obliquement contre la partie des meules garnies d'émeri ; en même temps le pignon L engrène le pignon M, mis en jeu par la poulie O, et communique un mouvement de rotation à la vis sans fin et par conséquent aux broches qui portent le liége, lequel se présentant contre les meules reçoit de ces dernières, par la friction, une forme conique proportionnée à l'obliquité du cadre.

Le rapport entre la vitesse des meules et celles des broches est comme 1 à 2000.

Pour reconnaître avec certitude que les bouchons ont parcouru une évolution complète, sur le devant du châssis est placé un compteur, qui consiste en un pignon *p*, commandé par la vis sans fin, et ayant deux dents de plus que ceux placés sur les broches, dont l'axe est muni à son bout d'une aiguille qui parcourt un cadran.

En terminant, nous rappellerons qu'un brevet pris l'année dernière, en France, au nom de M. Frénais, et avec le consentement de M. Moreau, garantit pour quinze ans la propriété de l'application du principe de la friction à la fabrication des bouchons. JOBARD.

LIGNEUX. Voyez BOIS.

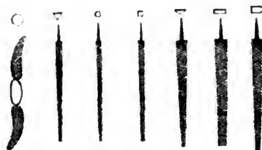
LIGNITE. Voyez COMBUSTIBLES et HOUILLE.

LIME (*angl.* file, *all.* feile). Outil d'acier bien connu, dont la surface est couverte d'entailles qui servent à couper ou à user les métaux, l'ivoire, le bois, etc.

Lorsque les entailles ont été faites au moyen d'un ciseau rectiligne, tranchant, tenant tout le travers du morceau de fer à tailler, ces outils s'appellent proprement des limes ; mais si les dents en ont été taillées avec un poinçon en forme de pyramide triangulaire, on leur donne plus particulièrement le nom de râpes. Les premières servent à travailler les métaux, l'ivoire, les os, la corne et le bois ; on se sert des dernières plus spécialement pour le bois et la corne.

Les limes sont de deux sortes, selon la forme de leurs entailles. Lorsque celles-ci forment une série de saillies tranchantes produites par le ciseau plat, et présentant des sillons parallèles faisant des angles droits avec l'axe de la lime, ou bien dirigés obliquement par rapport à cet axe, on les appelle, dans ce cas, écouennes ; mais si elles offrent une deuxième série d'entailles qui croisent les premières, elles portent alors le nom de limes.

Les premières servent à limer le plomb, les corps mous, parce que les entailles se remplissent moins rapidement que celles des limes proprement dites, qui conviennent bien mieux pour les métaux plus durs, tels que le fer fondu ou forgé, et l'acier. Les dents, les dimensions et les formes des limes, la finesse de leur taille varient beaucoup suivant les divers usages qu'on en doit faire, depuis la grosse lime d'Allemagne qui sert à ébaucher jusqu'à la lime douce, dont la taille est quelquefois tellement fine qu'elle ne sert qu'à dresser les surfaces déjà dressées.



1397.

Les grosses limes sont taillées très rudes et les tailles en sont profondes. Leur section est habituellement un parallélogramme et va en diminuant du milieu à l'extrémité. Ces limes doivent être assez pesantes pour que l'action de leur masse vienne aider à l'impulsion de l'ouvrier limeur. Comme elles se trouvent en général former un paquet entouré de paille, du poids de 8 à 9 hectogrammes, on les désigne sous le nom de limes *de une au paquet*, *deux au paquet*, etc. Ces limes nous viennent en assez grande quantité de l'Allemagne, où elles sont fabriquées avec l'acier naturel des fontes spathiques du Rhin : sous le rapport de l'usage et de la qualité cette lime est inférieure à celle en acier fondu, mais elle a l'avantage du meilleur marché et se vend à peu de perte après son usé pour l'aciérage des outils de taillanderie. Cette considération est d'une grande influence sur la vente de cet article dont on fabrique aujourd'hui, en France, de grandes quantités, mais qui ne pourra être établi aussi avantageusement qu'en Allemagne, qu'autant qu'on se placera dans des conditions de fabrication analogue en employant des aciers naturels d'égale qualité.

Les limes moyennes sont taillées plus finement et varient de $0^m,15$ à $0^m,30$ de longueur.

Les principales sont :

La lime bâtarde, taillée sur trois côtés seulement, le quatrième permettant d'opérer dans un angle en n'attaquant qu'un des côtés. La largeur est généralement égale d'une extrémité à l'autre, mais l'épaisseur diminue vers le bout de manière à donner un peu de convexité à la surface.

Le tiers-point ou trois-quarts dont la section est triangulaire et qui sert particulièrement à affûter les scies. *La queue de rat* est ronde, pointue par son extrémité, se trouve comme le tiers-point sur toute grandeur, sert à agrandir les trous.

La demi-ronde a une de ses faces dressée suivant un arc de cercle. Enfin, *les limes Coutelles*, minces d'un côté, servent à fendre les têtes de vis, etc. On emploie souvent aussi les *sciottes*, qui ne sont taillées que sur l'épaisseur.

Les petites limes ont toutes les formes déjà indiquées, et toutes celles que le besoin fait naître et qui force quelquefois à recourber les manches. La taille de ces limes est demi-douce et quelquefois très douce, vu qu'elles servent le plus souvent à finir.

Les meilleures limes sont obtenues en employant l'acier fondu provenant de l'acier cémenté, obtenu au moyen des excellents fers de Suède, extraits des minerais de Danemora, et dont les Anglais ont su s'emparer par de longs marchés, tandis que nos lois de douanes les repoussent de France. Le fer de Russie portant la marque CCMD, est aussi très bon. Il faut que l'acier employé pour les limes ait à la fois une très grande dureté et une certaine ténacité, afin que les dents n'écla-

tent pas. Enfin, il doit être parfaitement homogène, et c'est à cette condition que satisfait parfaitement l'acier fondu toujours exempt des pailles qui se rencontrent fréquemment dans l'acier cémenté.

La forge d'un fabricant de limes se compose de grands soufflets et d'un foyer où l'on brûle du coke pour combustible. Le bloc qui supporte l'enclume, particulièrement à Sheffield, est une grande masse de pierre de grès; l'enclume est d'une grosseur considérable; elle est solidement assise dans la pierre. L'un de ses bouts est le trou dans lequel on met le tranchet qui sert à couper les limes dans des barreaux d'acier. L'enclume est également munie d'une rainure assez profonde, qui reçoit les étampes au moyen desquelles on donne aux différentes limes leurs formes particulières.

Les limes plates et carrées sont entièrement façonnées au marteau. Un ouvrier tient d'une main le barreau chauffé, et de l'autre il le bat avec un petit marteau; un autre ouvrier se tient devant l'enclume, armé d'un marteau à deux mains. Ce dernier est un marteau généralement très lourd, avec une large face pour les grosses limes. Les deux ouvriers battent le barreau d'acier de manière à en rendre la surface unie et plate, ce qui ne peut être obtenu que par la grande habitude que ces ouvriers ont acquise à force de faire la même chose. La rapidité avec laquelle ils opèrent, et qui provient de la même cause, n'est pas moins remarquable.

Les limes demi-rondes reçoivent leur forme au moyen d'une étampe fixée dans la rainure de l'enclume dont nous venons de parler. Lorsque le barreau d'acier a été suffisamment étiré, on le fait entrer dans le creux arrondi de l'étampe, et on le bat à coups de marteau jusqu'à ce que le creux se trouve rempli.

Les tiers-points sont également façonnés au moyen d'une étampe, dont le creux se compose de deux faces qui forment un angle dans le fond. On forge d'abord la barre d'acier carrément, puis on l'introduit par l'une de ses arêtes dans le creux de l'étampe, dont les deux côtés s'ajustent avec ceux du barreau, tandis qu'on aplatit à coups de marteau la partie qui doit faire le troisième côté de la lime. Quant aux limes rondes, on n'emploie pas pour les arrondir d'autre moyen que celui qu'emploient en pareil cas les forgerons ordinaires, seulement la forme est ici un peu conique.

La lime sortant de la forge est polie et dressée, s'il y a lieu; puis, on passe à l'opération de la taille.

L'enclume du tailleur de limes est plus ou moins grande, selon la grosseur des limes; elle doit avoir une surface aussi plate et aussi unie que possible. Les marteaux dont cet ouvrier se sert pèsent d'un à deux ou trois kilos. Les ciseaux avec lesquels il fait les entailles sont un peu plus larges que la lime qu'il doit tailler; ils sont affilés sous un angle d'environ 20 degrés. Leur longueur est juste suffisante pour qu'ils puissent être tenus solidement entre l'index et le pouce, et ils doivent être assez forts pour ne pas fléchir sous les coups de marteau, dont l'intensité doit se régler sur la profondeur des entailles. La lime est d'abord placée à nu sur l'enclume, de manière que l'un de ses bouts en dépasse le bord antérieur et l'autre le bord opposé. On fait alors passer sur chaque extrémité de la lime une courroie de cuir, qui descend de chaque côté du bloc jusqu'au pied de l'ouvrier; celui-ci appuie alors sur chacun des côtés de cette courroie comme sur un étrier, et maintient la lime solidement arrêtée sur l'enclume, tandis qu'il frappe ses coups pour faire les entailles. Lorsqu'il s'agit de tailler l'extrémité même de la lime, il faut passer la courroie sur un seul point de celle-ci, dont la pointe porte alors sur l'enclume, tandis que la queue porte sur un appui placé de l'autre côté de la courroie. Lorsque l'un des côtés de la lime ne doit avoir qu'une simple taille, on passe légèrement dans chaque taille une lime fine pour en ôter les aspérités; si la lime doit être à double taille, on frappe une autre série de dents à travers les premières, et presque à angle droit. La lime est alors terminée de ce côté; on conçoit que le côté taillé ne doive pas reposer à nu sur l'enclume pendant qu'on taillera l'autre côté. On interposera donc alors entre l'enclume et le côté taillé un morceau plat d'alliage de plomb et d'étain, qui garantit complètement les entailles déjà faites d'un côté, tandis qu'on frappe celles de l'autre. On se sert de semblables morceaux de plomb et d'étain, avec des rainures angulaires ou arrondies, pour tailler les tiers points et les demi-rondes.

Les râpes sont taillées précisément de la même manière, mais en employant un poinçon triangulaire au lieu d'un ciseau plat. Le grand art de bien tailler une râpe, consiste à placer chaque nouvelle dent qu'on fait de manière à ce qu'elle corresponde, autant que possible, au milieu de l'intervalle de deux autres.

La lime est un outil coûteux, puisque son affûtage est impossible; aussi cherche-t-on chaque jour à remplacer son travail par celui des burins (voyez MACHINES A RABOTER, etc.); mais son emploi n'en restera pas moins toujours très considérable pour le travail des pièces de petites dimensions. On a donc dû chercher à en diminuer le prix, et un des moyens les plus simples paraît être d'obtenir les tailles par procédé mécanique. Toutefois, on a à peu près renoncé à cette idée, par suite de la complication des machines nécessaires à cet usage pour remplacer une façon coûteuse, et surtout parce que les produits ont toujours été bien inférieurs à celui de la taille à la main, l'habitude de l'ouvrier lui permettant de proportionner son coup de marteau à la résistance qu'il rencontre et à l'état du ciseau, à l'inclinaison de ses faces à chaque affûtage.

Nous pensons, toutefois, qu'il ne sera pas sans intérêt de donner la description d'une machine destinée à opérer ce travail mécaniquement. Elle n'est que le perfectionnement des machines antérieures, et est due à M. William Shilton de Birmingham, qui a pris, en avril 1833, une patente en Angleterre pour son invention.

Les morceaux d'acier façonnés à blanc sous forme de limes ou de râpes, sont fixés sur un support avançant par intervalles réglés sous un ciseau qui reçoit à chaque impulsion le choc d'un marteau; la distance dont la lime doit avancer à chaque mouvement dépend de la finesse ou de la grosseur de la taille, et ce mouvement s'exécute et se règle au moyen d'une crémaillère et d'un pignon, dont l'axe est mis en mouvement par un organe dit *dent de chien*, semblable à celui employé pour un usage analogue dans les scieries.

Lorsque la machine est employée à tailler les dents des râpes, comme l'outil ou le poinçon ne produit qu'une seule dent à la fois, il faut que le marteau qui porte cet outil opère par le travers de la lime, dans le sens de sa largeur et d'un bord à l'autre, et qu'il revienne ensuite sur lui-même. Aussitôt que le marteau a donné son dernier coup pour former la dent la plus rapprochée de l'un des bords de la râpe, la lime fait alors un pas en avant.

Afin de faire mieux comprendre le mécanisme, voici deux dessins de l'appareil :

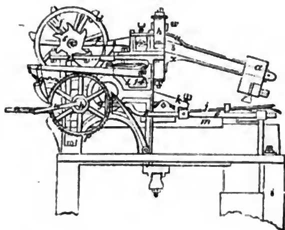
La fig. 1398 est une élévation de la machine, vue de côté; la fig. 1399 en est le plan horizontal, la machine étant vue par dessus.

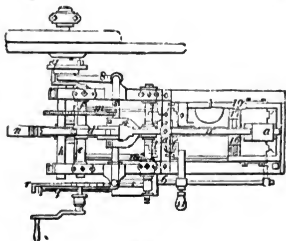
a, est la tête du marteau à tailler placé à l'extrémité du levier *b*, lequel est monté sur un axe *c*, tournant sur ses coussinets placés sur le bâti de la machine; *d*, est la roue à cames montée sur un autre axe *e*, tournant aussi dans des coussinets posés sur le bâti, et ayant à sa circonférence un nombre déterminé de cames pour appuyer sur la queue *b* du marteau.

La roue *d* reçoit son mouvement de rotation de la roue

dentée *f*, montée sur le même axe, et qui engrène avec le pignon *g*, monté sur l'axe principal *h*, lequel est mis en mouvement par une courroie venant d'un premier moteur, ou de toute autre manière. Le support *i*, qui porte la machine, est solidement établi sur une maçonnerie reposant sur une plate-forme convenable. *j*, est

1398.





1399.

une lime non taillée, mais placée pour l'être, et on la voit assujettie au moyen d'une paire de mâchoires *k*, assemblées sur l'axe *l*. Cet axe fait partie du système se mouvant en avant et en arrière le long des bords *m*, *m*, du bâti, au moyen de la crémaillère *n* et de son pignon. Ce dernier est monté sur l'axe de la roue a rochet *p*, laquelle est disposée de manière à tourner par intervalles au moyen du cliquet *q*, placé à l'extrémité du levier *r* (fig. 1399). Ce levier est abaissé après chaque entaille au moyen des dents ou cames de la roue *s*, venant en contact avec le plan incliné *t*, qui porte le levier *r*. La roue à cames *s* est montée à l'extrémité de l'axe *e* de la roue à cames *d*, et tourne par conséquent avec elle; à mesure qu'elle appuie sur le levier *r*, au moment où chacune de ses cames passe sur le plan incliné *t*, le cliquet *q* entraîne la roue à rochet *p*, et par là s'exécute le mouvement en avant de la lime après chaque coup frappé par le marteau.

Il y a un fort ressort *u*, fixé contre la face supérieure du marteau, ayant son extrémité sur un plan incliné d'ajustage *v*, établi dans le bâti *w*, lequel plan incliné peut être élevé ou abaissé à volonté au moyen de ses vis d'ajustement, afin de pouvoir donner au ressort plus ou moins de tension.

Un ressort tout semblable est placé contre la face inférieure du marteau, afin de soulever et de soutenir le ciseau ou le poinçon libre au-dessus de la lime, afin d'empêcher toute vibration ou toute tendance à l'oscillation de la part du ressort *u*, qui pourrait porter le marteau à réitérer le coup.

A mesure que le mouvement du pignon et de la crémaillère fait avancer la partie glissante 6, elle fait mouvoir le levier coudé 8 qui meut une griffe placée sur l'arbre principal qui communique le mouvement du moteur. Cette griffe fait mouvoir un embrayage monté sur cet arbre, de telle sorte, que quand la longueur convenable de la pièce 6 est passée, le mouvement se trouve arrêté, la roue conductrice devenant folle.

La lime taillée peut alors être retirée des crampons et retournée pour être taillée sur l'autre face, ou bien être remplacée par une autre; et après avoir retiré en arrière le cliquet *q* de la roue à rochet *p*; la lime non encore taillée peut être ramenée sous la machine en tournant dans un sens contraire la manivelle fixée à l'axe de la roue à rochet *p*, ce qui fera tourner le pignon et ramènera aussi en arrière la crémaillère *n*, sans déranger aucune autre partie de la machine; et en ramenant en arrière la barre 6, au moyen de la poignée I I, placée sur la pièce d'arrêt; les griffes se trouveront ramenées aussi dans la machine et celle-ci se remettra à tailler la nouvelle lime.

On doit voir que la position de la pièce d'arrêt sur la barre 6, détermine la longueur de la lime sur laquelle les dents seront taillées; et afin que le mouvement de progression, sous le ciseau, se fasse de manière à obtenir différents degrés de finesse ou de grosseur dans les entailles, ce qui dépend de l'intervalle qui sépare les coups de marteaux. Il y a une vis sur le levier *r*, dont la tête s'arrête contre la face inférieure d'une oreille qui fait saillie sur le bâti, et qui par là détermine l'étendue du mouvement du levier; lorsqu'il est pressé par les cames de la roue *s*, agissant sur le plan incliné *t*, et déterminant par conséquent le nombre de dents dont la roue à rochet *p* devra tourner par l'action du cliquet *q*, il suit de là que l'amplitude du mouvement communiqué par la crémaillère au tiroir *l*, ainsi qu'à la lime *j*, se trouve déterminée; ce qui règle la distance que les dents de la lime doivent avoir entre elles, et le moment où le levier *r* est soulevé par le ressort qui agit sur sa face inférieure.

On concevra que la rapidité de chute du marteau, et par conséquent la force du coup, peuvent être réglées en élevant ou en abaissant le plan incliné *v* du ressort *u*; et afin de pouvoir disposer le lit sur lequel la lime repose de manière à correspondre aux différents degrés d'inclinaison qui peuvent résulter de cette élévation et de cet abaissement; on a formé cette partie du lit de la lime, d'une pièce hémisphérique d'acier trempé, laquelle joue librement dans une cavité de même forme pratiquée dans le lit *r*, et peut par conséquent s'ajuster de manière que les limes se présentent convenablement au ciseau, et reçoivent le coup d'une manière égale et uniforme. Ce morceau d'acier pourrait aussi avoir la forme conique et s'adapter librement dans une cavité de forme semblable.

Trempe des limes. C'est la dernière et la plus importante opération de la fabrication des limes.

Trois choses doivent être considérées dans la trempe: la première c'est de préparer la surface de la lime de manière à prévenir l'oxydation par le contact de l'air, lorsque la lime est chauffée au rouge, ce qui aurait pour effet, non seulement d'émousser les dents, mais aussi de rendre toute la surface de la lime tellement raboteuse, qu'en peu de temps toutes les tailles se trouveraient obstruées par les débris de la substance sur laquelle on la ferait agir. Deuxièmement, la chauffe doit être portée à un rouge parfaitement uniforme dans tout le corps de la lime, et l'eau dans laquelle on la trempe doit être récente et froide, afin d'obtenir le degré de dureté convenable. Troisièmement, enfin, la manière d'immerger est d'une grande importance, pour empêcher les limes de se déjeter; ce qui, pour les limes minces et longues, offre beaucoup de difficulté.

On atteint le premier but en recouvrant la surface de la lime d'une substance qui, lorsqu'elle est en fusion, forme une espèce de vernis qui garantit le métal de l'action de l'oxygène de l'air. Autrefois, le procédé consistait, en Angleterre, à mettre d'abord à la surface de la lime une première couche de lie de bière, et à recouvrir ensuite celle-ci avec du sel de cuisine réduit en poudre. Lorsque ces matières étaient sèches, on chauffait les limes presqu'au rouge, et on trempait; après cela on brossait légèrement la surface avec de la poussière de coke, ce qui donnait à la lime un aspect blanc et métallique, comme si elle n'avait pas passé au feu. Ce procédé a été récemment perfectionné, du moins, sous le rapport de l'économie du sel, qui, à cause de la quantité qu'il en fallait, était devenu un objet important. Ceux qui ont adopté la méthode perfectionnée dont il est question, ne consomment plus aujourd'hui que le quart environ du sel qu'on employait dans l'ancien système. Le procédé consiste à dissoudre le sel dans l'eau, jusqu'à saturation, ce qui exige à peu près 1 kilogr. de sel pour 3 litres d'eau; et à épaissir la dissolution avec de la lie ou avec de la farine, à bon marché, et d'en mettre jusqu'à ce que le mélange ait acquis la consistance d'une crème épaisse. Il suffit de plonger les limes dans cette substance, on les met ensuite immédiatement à chauffer et on les trempe. La lie, ou la farine, n'ont d'autre but que de donner de la consistance à la masse, et de permettre par là, à une plus grande quantité de sel de se déposer à la surface de la lime. Par ce moyen le sel forme immédiatement une enveloppe solide. Aussitôt que l'eau s'est évaporée, tout le sel entre en fusion et adhère à la surface du métal. Dans l'ancienne méthode, lorsque la couche saline était sèche, elle était si peu adhérente, que la plus grande portion s'en détachait dans le feu, et se sublimait dans la cheminée sans produire aucun effet.

On suppose que la matière charbonneuse de la lie de bière n'est pas sans influence sur la trempe, en se combinant avec l'acier, et en rendant celui-ci plus carboné. Toutefois, l'expérience démontre que le carbone végétal ne se combine pas avec le fer, et avec assez de facilité pour produire un pareil effet, dans un aussi court espace de temps que celui pendant lequel la lime est mise à chauffer pour la trempe. Quelques fabricants de limes sont dans l'habitude de faire usage de charbon de cuir brûlé, lequel produit réellement un certain effet.

Depuis quelque temps les fabricants de limes ont mis à profit les propriétés des prussiates alcalins, de produire une cémentation extrêmement rapide, et de recouvrir la surface du fer même (avec lequel on fait quelquefois des limes communes) d'une couche d'acier qui prend par la trempe une grande dureté. La composition souvent employée est celle-ci : parties égales de lie de bière et de sel marin et un peu de prussiate.

Pour chauffer les limes on fait généralement usage d'une forge. L'ouvrier tient la lime par la queue, avec des tenailles, et on l'introduit dans le feu, composé de petits fragments de coke; on y pousse plus ou moins la lime afin de la chauffer bien régulièrement. On doit l'en retirer souvent pour observer s'il n'y a pas de parties qui chauffent trop. Lorsqu'on voit qu'elle est uniformément chauffée dans toute sa longueur, qu'elle est partout d'un rouge-cerise, elle est bonne à tremper. Aujourd'hui, pour les grosses limes, on fait usage d'un four en briques réfractaires, dans lequel on dirige la tuyère du soufflet; ce four est ouvert par une de ses extrémités pour pouvoir y introduire les limes et le charbon. Près du sommet du four sont deux barres de fer placées en travers sur lesquelles on place des limes pour sécher l'enduit. Dans la trempe des grosses limes une pareille disposition économise considérablement le temps, et permet aussi de chauffer les limes d'une manière plus uniforme dans toute leur longueur.

Lorsque la lime se trouve convenablement chauffée, pour lui donner la trempe la plus dure possible, elle doit être refroidie le plus promptement qu'il se peut. La méthode la plus ordinaire consiste à la plonger dans une eau très froide. Quelques fabricants ont l'habitude de mettre dans leur eau différentes substances, dans le but d'augmenter sa vertu pour la trempe. Une addition d'acide sulfurique à cette eau a été longtemps un grand secret pour la trempe des limes Coutelles : toutefois, à tout bien considérer, on trouvera qu'une eau de source bien pure, exempte de matière animale et végétale, et aussi froide que possible, est encore le meilleur moyen pour obtenir une bonne trempe pour toute espèce de limes.

En plongeant les limes dans l'eau, il y a certaines précautions à prendre. Toutes les limes, excepté les demi-rondes, doivent être immergées verticalement, aussi lentement que possible, de façon que la queue ne soit pas trempée et ne se refroidisse pas. Cette précaution empêche la lime de se déjeter. Les demi-rondes doivent être plongées avec le même ménagement, mais en même temps qu'on les tient perpendiculairement à la surface de l'eau, on doit les faire mouvoir un peu horizontalement dans la direction de la face arrondie, sans cela elles se courberaient en arrière.

Lorsque les limes ont été trempées on les brosse avec de l'eau et de la poussière de coke, et elles acquièrent une surface métallique parfaitement nette. On doit aussi les passer avec soin dans deux et trois eaux pures pour leur enlever tout le sel; pour peu qu'il en restât, la lime serait susceptible de se rouiller. On doit, de plus, les tremper dans de l'eau de chaux, les faire sécher rapidement devant le feu, et tandis qu'elles sont encore chaudes on les recouvre d'une couche d'huile d'olive mêlée à un peu d'huile de térébenthine, et on en fait des paquets pour la vente.

LIN. L'origine de l'emploi du lin remonte à des temps aussi reculés que celui de la laine. Nous pourrons en donner les preuves que nous avons citées en parlant de celle-ci, et ajouter que les étoffes de lin étaient considérées par les anciens comme les plus pures, et par conséquent les plus convenables aux vêtements de la caste sacerdotale.

L'examen des bandelettes qui enveloppaient les momies égyptiennes, et la description détaillée que donne l'Ancien Testament des habits pontificaux, ne peuvent laisser aucun doute sur l'ancienneté de l'usage du lin.

Nous ne pouvons non plus nous empêcher de faire remarquer que plus tard, du temps de *Pline*, déjà on était parvenu à faire servir le lin à des emplois très variés. Si nous l'en croyons, il entrait dans le tissage des toiles à voiles et des toiles les plus légères.

Les passages suivants qui concernent ce sujet sont trop curieux pour que nous ne les reproduisions ici.

« ..... Une autre merveille qui me frappe dans le lin, c'est qu'une plante qui fait la communication réciproque des différentes parties de l'univers, soit produite d'une si petite graine, et qu'elle ait une tige si basse et si mince; encore ne l'emploie-t-on pas lorsqu'elle est dans toute sa force, mais seulement après qu'elle a été bien battue, bien brisée, et rendue par ce moyen douce comme de la laine; c'est après l'avoir ainsi détériorée que l'homme fait avec elle d'aussi audacieuses tentatives.

« Un autre malheur de cette pernicieuse culture, c'est que rien ne croît plus aisément que le lin, et ce qui nous fait voir que cela arrive contre l'intention de la nature, c'est qu'il brûle et amaigrit la terre qu'il occupe. »

On voit que Pline ne considérait ici le lin que comme la matière première propre aux toiles à voiles dont il déplorait l'invention en tant qu'elles servaient à porter des armées, et à faciliter les guerres lointaines et ma-

ritimes; mais il est remarquable de voir dans le même paragraphe que de son temps les préparations premières de lin étaient ce qu'elles sont encore généralement aujourd'hui et qu'on y faisait déjà les objections qu'on leur oppose encore.

Dans le même livre, Pline parle des tissus légers en disant :

« La première personne qui trouva la manière de filer ces toiles natives pour en composer de nouveaux tissus fut Pamphile de Cöos, fille de Latoüs; car le moyen de passer sous silence le nom de l'inventrice d'un habillement qui montre une femme à nu sous prétexte de la vêtir (1). »

L'industrie mécanique du lin est cependant la plus récente parmi celles qui ont les matières textiles pour bases; sa création a coûté de nombreux sacrifices et de grands efforts. Il a fallu, comme on sait, le génie de l'empereur pour la provoquer, et le talent, l'énergie et la persévérance de Philippe de Girard pour la réaliser (2).

L'étonnante aptitude mécanique des Anglais était restée impuissante devant la solution de ce problème, et quoiqu'ils aient été réduits à nous emprunter l'invention de De Girard, leur dévorante activité nous a bientôt laissés en arrière par l'importance qu'ils ont su tirer de notre découverte ; nous leur avons donc rendu en partie, pour le lin, ce que nous leur avons pris pour le coton, avec cette différence que nous ne cherchons pas à nous attribuer ce que nous leur devons.

La gloire d'avoir donné naissance à l'industrie mécanique du lin, telle qu'elle existe aujourd'hui, devrait cependant provoquer moins de débats : car si les machines qu'elle emploie offrent d'admirables et ingénieuses combinaisons, elles sont loin encore de produire les résultats satisfaisants qu'on est en droit d'espérer, et que l'industrie du coton, elle, a si promptement réalisés.

La lenteur des progrès dans l'industrie du lin doit fixer l'attention; on ne comprend que difficilement comment une matière, dont les brins peuvent se diviser à l'infini pour donner naissance à des fibrilles longues, minces, droites, solides, soyeuses et élastiques, est aussi rebelle lorsqu'il s'agit de la transformer mécaniquement en fil, c'est-à-dire continuer à faire pour ainsi dire ce que la nature a si bien commencé, et d'imiter ce que font avec tant de perfection les modestes ménagères de nos campagnes (3).

Le laborieux enfantement de la filature mécanique du lin offre un contraste remarquable, si on le compare aux progrès rapides de celle du coton qui s'est développée presque tout à coup et qui a grandi comme par enchantement. Peut-être même le progrès phénoménal de celle-ci n'a-t-il pas été complétement étranger aux difficultés éprouvées par la première. L'idée d'employer indistinctement les mêmes machines pour des matières qui après un examen peu approfondi paraissent présenter assez d'analogie, a dû venir naturellement à l'esprit des premiers inventeurs; et ils n'ont été détrompés dans leurs tentatives qu'après d'infructueux efforts, qui leur eussent été probablement épargnés, si la science technologique avait été plus avancée, et les caractères des matières premières mieux définis.

Les progrès successifs de cette industrie, de récentes et importantes améliorations qu'on vient d'y introduire, et que nous aurons l'occasion de signaler dans cet article, viendront à l'appui de ces considérations.

Quoique l'industrie dont nous nous occupons ne produise pas encore les résultats qu'on peut attendre pour l'avenir, comme nous venons de le dire, elle est cependant assez avancée déjà pour menacer sérieusement celle qui se pratique depuis si longtemps manuellement dans nos campagnes et qui leur est d'une si grande ressource.

Il eût été certes difficile naguère de faire comprendre à cette intéressante industrie qu'elle allait être envahie de toutes parts par une rivale formidable. Car, non seulement les tissus de coton allaient faire concurrence aux toiles de ménage qui ont une durée presque séculaire, mais aussi l'on ne devait pas manquer de substituer bientôt au travail manuel usité depuis si longtemps pour le lin, le travail mécanique qui avait si prodigieusement réussi pour la filature du coton. Cependant la réalisation de ces prévisions s'est faite si subitement que la modeste industrie domestique comprend qu'une lutte plus longue serait folie. Comment en effet des travailleurs isolés, se servant de moyens imparfaits, pourraient-ils supporter la concurrence de l'industrie mécanique ayant à sa disposition les ressources de la science et du capital?

Quoiqu'il ne nous soit malheureusement pas donné d'indiquer un remède à cette pénible situation de la vieille et patriarcale industrie du lin et du chanvre, nous avons cependant cru devoir lui accorder quelques mots pour lui témoigner notre sympathie et pour faire comprendre que nous n'aurons désormais à nous occuper que de sa jeune et heureuse rivale la filature mécanique.

Le lin ou *linum* appartient à la famille des *caryophyllées*. Les botanistes en considèrent un très grand nombre d'espèces, mais nous ne mentionnerons que l'espèce ordinaire, le *linum usitatissimum*, en usage dans les arts mécaniques. C'est une plante annuelle originaire du grand plateau de la haute Asie; elle croît et se propage par la culture, dans les champs et les jardins ; sa racine est assez menue, peu fibreuse ; sa tige est ordinairement simple, et varie de $0^m,70$ à 1 mètre de hauteur et quelquefois plus : elle est creuse, grêle, branchue vers le sommet ; cette tige est formée d'une série de tubes musculaires réunis entre eux par une matière gommo-résineuse et enveloppés d'une espèce d'écorce extérieure qui durcit pendant la végétation et qu'on désigne sous le nom de *chènevotte*.

Le lin est cultivé dans presque toutes les parties de la France, mais plus particulièrement dans les départements du Nord qui produisent le plus estimé; la réputation des lins de la Flandre et de la Belgique est également connue.

Le lin se sème à deux époques, en mars et en mai, et se récolte vers la fin de juillet et la fin d'août ; celui semé en mars est préféré.

Cette plante a deux objets d'utilité, comme on sait ; la graine fournit une huile estimée et sert à une infinité de préparations pharmaceutiques; c'est avec sa tige convenablement préparée qu'on produit des toiles, des batistes, des dentelles et du papier.

Nous n'aurons à nous occuper dans cet article que de la production des fils employés à cet état, ou à la confection des différents tissus.

L'industrie du lin donne naissance à des fils capables de produire depuis les toiles communes à 1 fr. le mètre jusqu'à nos magnifiques batistes françaises qui ne connaissent pas de rivales à l'étranger, et dont le prix peut s'élever à 20 francs et au-delà par mètre. On lui doit aussi les fils si estimés pour la plus riche dentelle dont la finesse étirée à la main va jusqu'à 200 kilom. ou 50 lieues métriques par kilogr.

Cette grande différence de prix tient à la qualité de la matière première, comme au travail soigné de sa transformation ; il est donc nécessaire de pouvoir constater les caractères principaux de cette matière première et de pouvoir les classer suivant les qualités.

Les qualités provenant de la nature de la matière

(1) Pline, livre XIe.

(2) Nous nous empressons de dire que cette mention de Philippe de Girard était écrite avant sa mort; tout le monde comprendra le but de cette remarque.

(3) On sait que la filature mécanique n'a pu produire encore les magnifiques fils dont on se sert pour la batiste et les dentelles, qui sont exclusivement produits à la main.

première dépendent des conditions atmosphériques du terroir plus ou moins propice et de la culture bien entendue.

Le choix du terroir et le meilleur mode de culture qui dépendent seuls de l'art ont occasionné de longues recherches et de nombreuses observations. On est généralement d'accord que les terres les plus favorables à la culture du lin sont les terres glaises, profondes, fermes, un peu humides, labourées comme il convient.

Les terres graveleuses et légères donnent en vérité du lin plus fin, mais en plus petite quantité, et d'une moins grande hauteur, et la graine dégénère la deuxième année.

Les Hollandais, dont la vieille réputation comme producteurs des plus belles toiles est si méritée, sont dès longtemps fixés sur ce point. Aussi n'est-ce pas de leur terroir léger et sablonneux qu'ils retirent le lin de leurs toiles les plus estimées, mais bien des terres glaises, lourdes, fermes et humides de la Zélande.

La culture du lin appauvrissant le sol qui le produit, comme l'avait déjà fait remarquer *Pline*, il est bon de ne pas le cultiver deux années de suite dans la même terre, mais d'alterner la culture.

Le lin brut, considéré tel qu'on le détache de la tige qu'il compose, se présente en filaments plus ou moins longs, forts, nerveux, souples, doux au toucher et nuancés suivant les terrains qui l'ont produit.

Les lins sont classés suivant leur couleur, en *lin blanc*, *lin gris*, et suivant leur grosseur en *lin têtard*, *lin grand*, *lin moyen* et *lin de fin*.

Le *lin blanc* est généralement le plus estimé et est d'autant meilleur que sa nuance se rapproche plus du blanc argenté; cette variété comprend les nuances jaunes blondes.

Les grands lins dits ramés, que l'on cultive dans le Nord et la Flandre, appartiennent à cette classe; ces lins sont souples, doux et nerveux.

Le *lin gris*, qui vient ensuite, comprend les différentes nuances de gris depuis la plus foncée jusqu'au gris le plus argenté; ce lin est plus souple, plus soyeux et plus fin, mais moins nerveux que le précédent.

Ce sont encore les départements du nord, de la Belgique, qui produisent le plus communément cette variété.

Le *lin de fin* est composé du premier choix fait dans le lin ramé, on réunit les brins les plus blancs, les plus longs et les plus fins; il compose par conséquent la classe la plus parfaite.

Le *lin moyen* est le second choix parmi les lins ramés et première qualité de lin gris; cette sorte blanche ou grise s'emploie encore pour les beaux fils.

Le *lin têtard* est la dernière qualité composée de lins gris et blancs; s'emploie pour les toiles communes.

L'odeur des lins est un caractère essentiel pour constater qu'ils sont dans un bon état de conservation. Il faut que cette odeur soit franche, sans indiquer d'échauffure ni de moisissure.

Les lins sont classés suivant leur qualité par des numéros d'ordre ou par des lettres alphabétiques, donnant aux lins les moins estimés la lettre A ou le n° 1 et en continuant de donner le n° 2 ou la lettre B à la qualité supérieure et ainsi de suite.

Travail mécanique du lin. Les opérations que l'on fait subir au lin depuis la récolte jusqu'après la transformation en fil peuvent se distinguer en deux classes, en *préparations agricoles* qui se pratiquent presque toujours sur les lieux de la récolte, et en *opérations manufacturières* qui ne se font que dans les usines qui doivent produire le fil.

Les préparations agricoles comprennent :

1° Le rouissage;

2° Le macquage ou broyage.

Les opérations manufacturières se composent :

1° Du peignage du long brin;

2° Du cardage des étoupes;

3° De l'étalage;

4° De l'étirage et laminage;

5° Du filage en gros ou préparations;

6° Du filage en fin;

7° Du dévidage et numérotage du fil.

Le peignage, classé ici dans les opérations purement mécaniques des usines, se fait souvent encore à la main et au dehors sur les lieux de la récolte: mais comme il commence à être exécuté en grande partie mécaniquement, nous l'avons rangé dans les travaux de l'usine.

Dans tout ce que nous avons dit, nous n'avons pas parlé du *chanvre*, que nous pouvons considérer sous le rapport de ses transformations mécaniques, comme du lin commun dont les fibres n'auront besoin que d'être ramollies pour pouvoir être traitées ensuite absolument par les procédés employés pour le lin.

Nous allons décrire successivement chacune des opérations dans l'ordre de son exécution.

Du *rouissage*. On a vu que le lin est formé d'une série de tubes réunis intimement entre eux par une matière gommo-résineuse; nous avons dit également que la partie extérieure ou espèce d'écorce qui durcit pendant la végétation, avait reçu le nom de *chénevotte*.

On donne le nom de *filasse* aux fibres interstinaux lorsqu'ils se présentent souples et déliés, débarrassés de la matière gommo-résineuse qui les réunit et de la partie solide qui les enveloppe.

Le rouissage a pour but de dissoudre la partie gommo-résineuse, et de détacher les fibres centrales de la tige qui doit former la filasse de l'écorce, afin de faciliter leur séparation qui a lieu par le travail subséquent du macquage ou broyage.

Le rouissage s'opère par l'exposition du lin ou du chanvre, pendant un temps qui varie suivant la différence de température et la nature de la matière, à l'action d'une eau courante ou stagnante, jusqu'à ce que la chénevotte se détache de la filasse.

Avant d'être mis à rouir, le lin doit être trié, d'après la longueur, la grosseur et les qualités de sa tige et d'après son état de maturité; plus la plante est mûre, plus le rouissage doit durer. Le séjour dans l'eau d'une matière végétale en présence d'une substance gommeuse sous l'influence d'une température convenable, provoque une certaine fermentation qui fait dissoudre la matière gommeuse et fait fendiller la chénevotte dans tous les sens. Ces effets se manifestent bientôt par la teinte jaunâtre et la limpidité de l'eau qui est altérée.

La température ayant de l'influence sur toutes les réactions analogues à celles du rouissage, on conçoit que sa durée varie avec son élévation; 5 à 8 jours sont moyennement nécessaires pour que l'effet ait lieu dans de l'eau stagnante.

Les conditions dans lesquelles cette opération s'exécute rendent la réussite parfaite assez difficile et réclament une attention intelligente de la part du praticien.

En effet, la matière à rouir est immergée par couches superposées; on conçoit que les premières couches du fond sont plus chargées et moins exposées à la température extérieure, sont plus longtemps à rouir et ne le sont ordinairement pas à point lorsque les couches supérieures commencent déjà à s'altérer par un rouissage poussé trop loin: cette opération présentant les caractères de la putréfaction des substances organiques peut non seulement énerver et affaiblir la matière textile lorsqu'elle n'est pas arrêtée à point, mais offre aussi des inconvénients graves pour l'économie animale, car maintenu même dans les limites convenables le rouissage répand une odeur infecte et nuisible, et on admet généralement que les eaux dans lesquelles il a eu lieu altèrent la santé des bestiaux et font mourir le poisson. *Parent-Duchâtelet*, seul parmi les hommes compétents, a cherché à démontrer l'innocuité du rouissage par

des expériences qu'il a faites sur lui-même et sur sa famille avec des eaux ayant servi au rouissage.

Les quelques considérations qui précèdent peuvent faire comprendre ce que cette question du rouissage a d'important, et qu'on ait cherché dès longtemps à remédier aux différents inconvénients que présente le rouissage par immersion; bien des tentatives ont été faites pour le supprimer. Les seuls résultats importants qui aient été obtenus sont ceux du procédé irlandais appliqué aujourd'hui par plusieurs manufacturiers et qui consiste : 1° à déposer le lin dans des cuves avec de l'eau qu'on échauffe avec de la vapeur à 32° centigrades : la fermentation est rapide et complète en 60 heures; 2° à sécher à l'air d'abord et ensuite dans un séchoir. On a proposé les différentes modifications suivantes :

L'action de l'eau froide ou chaude tombant d'une certaine hauteur;

Celle de la vapeur à diverses pressions, l'enfouissement des tiges;

La mise en tas et l'arrosage des tiges, en aidant l'opération au besoin par une addition de ferment;

Le traitement des tiges soit à froid, soit à une certaine température par de la chaux délayée dans de l'eau;

L'emploi des dissolutions alcalines caustiques ou carbonatées ou celui d'une dissolution de savon vert chauffée de 90 à 94 degrés;

Enfin la substitution d'une préparation mécanique à l'action chimique qui a lieu dans les phénomènes du rouissage.

Aucun de ces procédés n'a été adopté jusqu'ici par la pratique; quelques-uns même n'ont probablement pas été expérimentés; plusieurs l'ont été sans doute d'une manière imparfaite et sans y donner toute l'attention suivie nécessaire à une semblable application, qui, à notre avis, présente plutôt des difficultés rurales et pratiques que des difficultés scientifiques; rien ne nous paraît plus certain, en effet, que la possibilité de parvenir à faire rouir convenablement et à point une certaine quantité de lin ou de chanvre confiée au chimiste dans son laboratoire, ou même à un mécanicien habile qui, pour une fois, arrivera par des préparations mécaniques convenablement entendues à se passer de l'opération préliminaire du rouissage (1).

Mais là n'est pas la question; il s'agit de trouver un moyen très économique d'une application excessivement simple, et pouvant se faire en petit, à la portée des habitants de la campagne, ne leur présentant pas plus de difficultés que ne leur en apporte l'emploi des instruments ou des procédés ordinaires dont ils ont l'habitude de se servir; car il est important que le rouissage se pratique sur place, afin de n'avoir pas à transporter inutilement le poids assez considérable de la chènevotte.

M. Rouchon a proposé un nouveau procédé de rouissage qui remplirait toutes les conditions désirables, d'après la déclaration faite par une commission de savants et de praticiens distingués, qui ont expérimenté le procédé au mois de décembre 1842 (2), dans un local de l'Ecole polytechnique.

Ce procédé consiste à faire rouir le chanvre et le lin dans une quantité d'eau très légèrement acidulée.

(1) Il est bon de faire remarquer que l'opération mécanique paraît en tous cas impropre à enlever la matière gommeuse qui adhère si intimement aux fibres; elle parvient quelquefois à la faire disparaître momentanément par une espèce de broyage qui la confond avec les fibres végétales et paraît donner un rendement de filasse et de fil supérieur, résultat ordinaire; mais bientôt le blanchiment et le lessivage des toiles font disparaître la matière étrangère, et le poids et la force de la toile diminuent; elle représente les caractères d'une toile creuse et molle.

(2) Ce procédé est exploité maintenant par MM. Bisson et Pradel de Saint-Charles.

L'opération peut se faire, soit en plein air, soit dans une écurie, sous un hangar ou tout autre endroit, en toute saison; il est seulement bien, quand on opère en plein air, de couvrir le chanvre ou le lin avec des feuilles, de l'herbe ou de la paille, de manière à éviter la trop prompte dessiccation des couches supérieures. Pour opérer, on procède de la manière suivante :

Il faut avoir une auge, une caisse ou un récipient quelconque en bois, d'une dimension telle que l'on puisse facilement y plonger une ou plusieurs bottes de chanvre à la fois. Dans ce récipient, on verse l'eau, et on ajoute à cette eau de l'acide sulfurique du commerce, dans la proportion de 1 kilogramme d'acide pour 200 litres d'eau quand il s'agit du chanvre, et 400 litres lorsqu'il s'agit du lin, et on agite le tout fortement (1).

La liqueur doit être telle, qu'une petite quantité mise dans la bouche agace seulement les dents.

On plonge successivement les bottes, une ou plusieurs à la fois, dans le bain ci-dessus indiqué, en ayant soin, avant l'immersion, d'agiter de nouveau la masse du liquide pour que le mélange de l'acide avec l'eau soit bien intime.

Les bottes doivent être complétement submergées, de manière que le liquide les pénètre dans toutes leurs parties; puis on les retire et on les replace en pile. Pour rendre plus uniforme l'action de l'acide, il est bon à chaque fois que l'on immerge le chanvre de changer la position relative des bottes, en mettant dessus celles qui étaient dessous, *et vice versâ*.

Cinq ou six heures après, on arrose avec de l'eau ordinaire; le lendemain matin, on donne une nouvelle immersion dans le bain acidulé, de la manière ci-dessus expliquée, et le soir on arrose. On continue chaque jour les mêmes immersions et arrosages, dans le même ordre, jusqu'au parfait rouissage.

On cesse alors les immersions dans l'eau acidulée; mais on arrose copieusement avec de l'eau ordinaire pour laver la plante et arrêter l'effet de l'acide; ce qui peut aussi se faire en donnant une immersion dans une lessive alcaline; mais à la suite de cette lessive, il faut arroser avec de l'eau ordinaire pour laver les tiges.

L'eau de lessive se fait indifféremment avec des cendres ou une très faible dissolution de soude ou de potasse du commerce; elle peut servir tant qu'elle conserve une saveur urineuse.

Quand, dans le cours des opérations, le bain acidulé a diminué de volume, de manière à ce qu'on ne puisse plus facilement y immerger les bottes de chanvre, on ajoute, dans l'auge, une nouvelle quantité de liqueur préparée, comme il a été dit précédemment, et suffisante pour que l'immersion puisse toujours avoir lieu convenablement.

On peut prendre indistinctement pour les opérations du rouissage les eaux de pluie, de fontaine, de puits ou de mare, quand même elles seraient troubles.

Il est bon de placer sous les piles de chanvre des morceaux de bois, de manière à éviter le contact des bottes avec l'humidité du sol. Le rouissage terminé, on fait sécher et on macque par les moyens ordinaires.

Un homme et un enfant suffisent pour faire rouir 8,000 kilogrammes par jour.

Dès que le rouissage est arrivé à point, on fait sécher les tiges au soleil, ou dans un four après la cuisson du pain; puis on procède au broyage ou macquage.

Macquage ou *broyage*. L'opération, qui consiste à

(1) La pesanteur spécifique de l'acide étant plus forte que celle de l'eau, il tend à se précipiter au fond du vase; il est donc essentiel de bien agiter, pour que le mélange soit homogène.

On doit, pour faire ce mélange, user spécialement de vases et objets en bois, les pierres et la plupart des métaux étant attaquables par l'acide.

briser le brin pour le séparer de ses fibres, s'appelle *macquer*, *broyer* ou *tiller*, et l'instrument dont on se sert pour cela porte le nom de macque ou de *broie*.

Afin de donner au brin un plus grand degré de fragilité et de le rendre par là plus facile à se séparer de ses filaments, le lin doit être mis à sécher au soleil, ou, ce qui est encore mieux, dans une étuve, si l'on se trouve vers la fin de l'année. C'est pourquoi il y a souvent une de ces étuves réunie aux fours des boulangers en Allemagne, et dans les autres contrées où l'on cultive le lin. La température de ces étuves ne doit jamais dépasser 48 degrés. Une chaleur plus élevée rend le lin cassant facile à se mettre en charpie, et lui fait produire beaucoup d'étoupes. Avant de soumettre le lin à l'action de la broie, on doit en bien égaliser les tiges, les mettre bien parallèles entre elles, ce qui se fait à la main, et tout ce qui se trouve entremêlé doit être redressé avec un peigne grossier.

La broie est un instrument construit presque partout de la même manière; elle se compose de deux parties principales, du châssis ou fourreau et d'une mâchoire mobile. Dans les broies les plus simples, le châssis *e* (fig. 1400) est une pièce de bois divisée par le milieu, dans le sens de sa longueur, et supportée par les montants *a* et *c*. La mâchoire *f* est aussi en bois dur; elle est façonnée dans sa partie inférieure sous forme de tranchant, et elle tourne autour d'un axe de rotation placé en *q*. On la saisit par le manche *h*, et on la fait mouvoir de bas en haut. Lorsqu'elle descend, elle entre dans la fente du châssis, et elle y brise la chénevotte de lin qu'on y a placée transversalement, et dont elle disperse les débris.

Il y a des broies qui sont pourvues d'une double fente ou d'un triple rang de longues dents ou mâchoires fixes, et de deux mâchoires mobiles; elles offrent plus d'avantage que les broies simples.

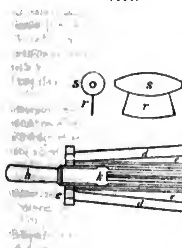
On comprendra cette construction, en jetant les yeux sur les figures 1400, 1401 et 1402. La figure 1400 offre la section d'une broie vue de côté où se place l'ouvrier. La figure 1401 en est une coupe dans le sens de la longueur, et la figure 1402 en est le plan géométral. Toute la machine est construite en bois dur, ordinairement en bois de hêtre rouge. Deux planches *a* et *c* forment les deux jambages de l'appareil *a* et *b* emmortaisés dans un bloc assez lourd pour donner de la stabilité à l'instrument

Deux traverses *d* assujettissent solidement ensemble *a* et *c*. Le châssis *e* consiste en trois planches minces, qui sont placées de champ, et sont fixées par leurs extrémités dans *a* et *c*. La mâchoire *f* est une pièce de bois cannelée de *l* en *k*, de manière à présenter la forme d'une fourche et à embrasser la pièce du milieu du châssis; elle a pour centre de mouvement la cheville de bois *q*. Sur le devant, on voit le manche *h* que l'ouvrier saisit de sa main droite; les joues, tant du châssis que de la mâchoire, sont affilées depuis *l* jusqu'à leur extrémité antérieure, ainsi qu'on le voit dans la figure 1401. Toutefois les taillants ne doivent pas être trop aigus, afin de ne pas endommager le lin, et, pour la même raison, la mâchoire ne doit pas pénétrer trop avant dans les joues du châssis.

Des broies ainsi faites sont pénibles à manier, et souvent elles arrachent les filaments et les mettent en étoupes. L'ouvrier ou plutôt l'ouvrière, car c'est généralement une femme, quand elle est occupée à ce travail, saisit de sa main gauche une poignée de lin; elle la place transversalement sur le châssis, et la frappe vivement à coups répétés avec la mâchoire, en passant continuellement de nouvelles portions de sa poignée de lin sous la machine; elle commence du côté des racines; elle retourne immédiatement les bouts, et elle continue selon la longueur des tiges. Le lin passe très souvent deux fois sous la broie, et on le fait sécher à l'étuve entre les deux opérations.

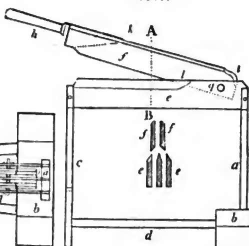
Les machines à broyer sont un moyen de nettoyer le lin de beaucoup préférable aux instruments à la main dont nous avons parlé. La partie essentielle d'une pareille machine consiste en cylindres de bois ou de fer cannelés profondément, dont les saillies de l'un entrent dans les creux de l'autre. Ces cannelures étalent entre elles les filaments du lin, et elles en brisent le brin, sans faire supporter à la fibre ces efforts qu'on est exposé à lui faire subir avec les broies à la main. La machine suivante peut être regardée comme une des meilleures qui aient été inventées et employées en Angleterre jusqu'à présent pour le broyage du lin.

1407.



1402.

1400.



1401.

La fig. 1403 la présente vue du côté droit; la fig. 1404 en est une vue prise par derrière; c'est par là que le lin broyé sort d'entre les cylindres. Le châssis est formé des deux montants latéraux *a*, *a*, qui sont emmortaisés dans la base *bb*, et qui y sont parfaitement consolidés par des chevilles.

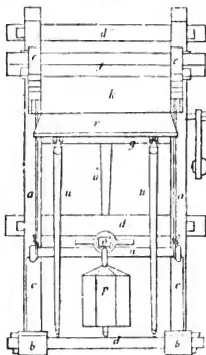
Deux traverses *a*, *a*, raffermissent la base, deux autres *a'*, *a'*, consolident les montants sur chacun de ces derniers; on a emmortaisé un bras latéral *e* dans une direction oblique. Une barre traversière réunit les deux bras l'un à l'autre. La figure 1405 montre l'intérieur du côté gauche du châssis, avec ses parties subsidiaires.

Les trois cylindres *g*, *i*. *k*, peuvent être en bois de hêtre rouge, avec des goujons de fer, et cannelés dans le sens de leur longueur, chacune des cannelures ayant $0^{m},015$ de largeur et $0^{m},008$ de profondeur.

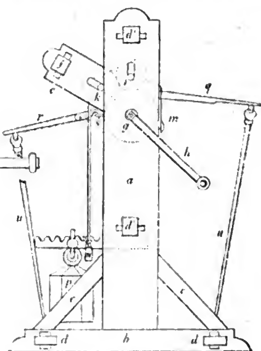
Le grand cylindre *g* porte sur son côté droit une manivelle *h*, laquelle en tournant met la machine en mouvement.

Les cloisons latérales *a*, *a*, sont garnies de pièces de cuivre, dans lesquelles sont pratiqués les trois ronds *l*, *g* (fig. 1405), où tournent les tourillons *g* en *a* et en *e* On a pratiqué et garni de cuivre des coussinets destinés à recevoir les extrémités des deux petits rouleaux, ainsi qu'on peut le voir dans la figure 1405. En dedans de la cloison *a* se trouvent des pièces de cuivre mobiles *l* pour les pivots de *i* et de *k*, qu'on voit dans la figure 1403. Chaque pièce de cuivre glisse dans

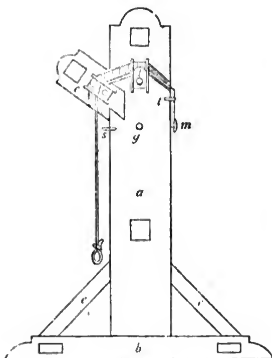
une rainure entre deux rebords. Une forte corde, arrêtée en *m* sur la cloison *o*, passe sur la pièce de cuivre de *i*, ensuite sur celle de *k*, d'où elle descend perpendiculairement, et vient passer au-dessus de la barre *n* *u*, *u*, *u* (fig. 1403 et 1404). En faisant marcher la machine, l'ouvrier met sur la table *q* une poignée de tiges de lin également étalées ; il les introduit de la main gauche, par leurs racines, entre les cylindres *g* et *i*,



1404.



1403.



1405.

(fig. 1403 et 1404). La même disposition se trouvant répétée aux deux extrémités des cylindres, la barre *n* tend les deux cordes. Contre la traverse d'un châssis se trouve appliqué un levier *o*, qui s'appuie sur la barre *n*, et qui porte un poids *p*, selon que ce poids se trouve suspendu plus loin ou plus près de l'extrémité du levier. Il tend plus ou moins la corde, et fait presser, au moyen des pièces de cuivre *l*, les cylindres *i*, *k* contre le principal cylindre *g* ; une table *g* sert à étaler le lin qui doit passer entre les cylindres, et une deuxième *r* sert à le recevoir, quand il en sort après avoir été broyé. Les deux tables sont suspendues au moyen de crochets de fer aux anneaux du châssis *s*, *t* (fig. 1403 et 1405), et elles sont supportées par des pieds mobiles

tandis que de sa main droite il tourne la manivelle. Les chènevottes sont d'abord écrasées entre *g* et *i*, ensuite entre *g* et *k*, et viennent sortir sur la table *r*.

Il fait mouvoir la manivelle alternativement en avant et en arrière, afin que le lin puisse être cylindré alternativement dans les deux sens, et afin qu'il soit par la mieux broyé.

La chènevotte, ainsi broyée, tombe par fragments extrêmement ténus, et la filasse reste aplatie en bandes parallèles. On la fait passer ainsi entre les pointes d'un peigne, puis on la laisse pendant une couple de jours dans une cave pour lui laisser absorber un peu d'humidité ; ensuite on la fait passer de nouveau par la machine qui donne alors au lin un moelleux particulier.

Voici les avantages qu'on fait valoir en faveur de l'emploi de cette machine à broyer :

Elle exige peu de place, et elle est d'une simplicité telle, qu'elle peut être construite facilement et à bon marché ; elle n'exige pas plus de force pour la faire fonctionner, qu'une broie ordinaire à la main ; elle n'arrache aucun filament et n'écrase autre chose que la chènevotte, par la raison que les cannelures des cylindres pénètrent beaucoup moins profondément l'une dans l'autre que les mâchoires.

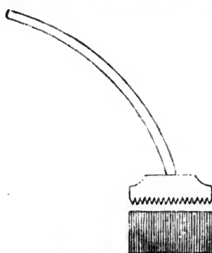
Elle prévient toute espèce d'embrouillement de la filasse, d'où il résulte que, quand ensuite on la sérance, il y a moins de fibres courtes et moins d'étoupes.

Elle permet de nettoyer le lin, même le plus court, ce qui ne peut jamais se faire convenablement avec les broies à la main.

L'écrasement de la chènevotte qui est l'objet du macquage peut toutefois se faire aussi par le battage ; quoique, par ce procédé, la séparation du ligneux et des fibres textiles s'opère d'une manière beaucoup moins complète. En Angleterre, au lieu de broyer à la macque, il est d'usage d'employer un maillet de bois et une pierre unie, entre lesquels on place le lin.

Dans la Belgique, où le travail du lin a été un objet d'étude, on n'emploie pas non plus la macque, mais on bat le lin avec une espèce de battoir, appelé *bott-hammer* (marteau à battre), qui donne au lin, dit-on, une qualité supérieure.

Le tott-hammer (fig. 1406) est un bloc de bois, offrant à sa surface inférieure des cannelures de 0m,01 à 0m,012 de profondeur, et est fixé à un long manche en bois courbé. Quand on veut en faire usage, on étale par



1406.

terre également une botte de tiges de lin sèches. On la bat fortement avec le battoir, en commençant par les racines, puis en frappant sur les extrémités opposées, et en finissant par le milieu.

Lorsque la surface supérieure de la botte a été ainsi bien battue, on la retourne sens dessus dessous, et on en fait autant de ce côté ; on relève alors le lin et on le secoue fortement pour le débarrasser de ses parties ligneuses.

Que l'on opère avec la broie ou avec le battoir, ces parties ligneuses ne se séparent jamais entièrement des fibres textiles ; il y reste toujours adhérents des brins de paille, qu'il faut en séparer par une autre opération. Celle-ci consiste soit à racler, soit à espader la filasse. Le raclage est fort employé en Westphalie et dans les districts voisins. Dans ce procédé, l'ouvrière place sur un de ses genoux le tablier destiné à cet usage; lequel repose sur un morceau de cuir de 0,30 carré, puis elle saisit de la main gauche, par le milieu, une poignée de lin, qu'elle ratisse fortement avec la racloire, espèce de couteau qu'elle tient de la main droite (fig. 1407).

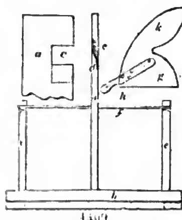
Cet instrument, qui consiste en une lame de fer *r*, garnie d'un manche de bois *s*, et dont le taillant est obtus et un peu recourbé, nettoie et divise admirablement les brins sans occasionner le moindre déchet inutile, pourvu que la chénevotte ait été également bien brisée.

L'opération qui consiste à espader la filasse a le même but que le raclage, elle est même beaucoup plus généralement adoptée que ce dernier. Deux pièces bien distinctes en constituent l'appareil : ce sont le support ou chevalet, et l'espade. Le premier consiste en une planche debout, avec une large entaille sur le côté, dans laquelle on passe une poignée de filasse, de manière à la tenir suspendue sur la moitié de la surface antérieure de la planche. Tandis que de la main gauche on tient la poignée de filasse fermement fixée par le haut, la main droite tient l'espade, espèce de sabre de bois, de 0m,40 à 0m,60 de long, dont le bord convexe est aminci, sous forme taillante, et qui est garni d'une poignée, avec cet instrument, on frappe sur la filasse, parallèlement à la surface du support, en donnant des coups verticalement, de manière à racler et à enlever toutes les aspérités ligneuses. La largeur de l'espade est un point important de sa construction ; si elle est trop étroite, elle est cause que le lin s'entortille autour d'elle ; et alors, une partie des fibres se trouvent arrachées. On a trouvé que la largeur la plus convenable à lui donner, était celle de 0m,20 à 0m,25.

Des espades en fer ne pourraient servir à cet emploi, elles briseraient les filaments.

Les fig. 1408 et 1409 montrent la meilleure disposition à donner au chevalet à espader.

1408. 1410.



1409.

La planche *a* s'appuie sur un bloc de bois pesant *b*, qui lui sert de base, et dans lequel sont fixés deux bâtons debout. La corde tendue d'un bâton à l'autre sert à régler les mouvements de l'espade, et empêche que l'ouvrier ne se blesse les pieds. Le bord inférieur de l'entaille *c*, sur lequel la poignée de filasse est maintenue et appuyée, est scié obliquement et arrondi (voyez *d*, fig. 1409).

On voit par là que l'espade ne peut jamais frapper contre le bord de manière à y couper le lin.

La fig. 1410 montre la forme d'un instrument fort convenable qu'on emploie en Belgique au lieu d'espade. C'est une espèce de hachoir en bois qui n'a pas plus de 6 à 7 millimètres d'épaisseur, et qui, sur le bord *g h*, est réduit à l'épaisseur du dos d'un couteau.

La partie *k*, sert à donner de la force aux coups que l'on frappe et maintient l'instrument dans une position droite.

Le manche court et posé de plat *i*, est collé du côté de la planchette qui regarde en dehors du chevalet à espader, et il y est de plus assujetti au moyen de chevilles de bois.

Le raclage et l'espadage enlèvent la plus grossière étoupe, en séparant et en abattant les fibres les plus courtes, et celles qui viennent à se casser. Cette étoupe sert à faire les sacs de qualité inférieure, car elle est mêlée avec beaucoup de fibres ligneuses.

Nous pouvons admettre, en général, que 100 kilogr. de tiges de lin rouies et séchées, rendent de 45 à 48 kilogrammes de lin broyé ; lesquels, après l'espadage ou un léger taillage, donnent à peu près 24 kilogr. de lin et 9 ou 10 kilogr. de brins d'étoupes, tout le reste n'est que paille et débris.

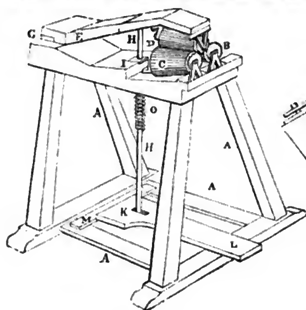
Le broyage de 100 kilogr. de tiges par la routine ordinaire d'un double broie à la main, exige environ 40 heures, et avec la machine que nous avons décrite, il faut de 30 à 36 heures pour teiller 100 kilogr. de lin broyé et nettoyé ; il ne faut pas moins de 260 heures de travail d'après la manière d'espader des Allemands.

M. Bundry a obtenu, en 1819, un brevet pour une espèce de machine propre à broyer et à préparer le lin ; elle mérite une description (1) ; (fig. 1411) A A A A, est un bâti en bois ou en fonte sur lequel sont établis les deux rouleaux coniques B et C. Ces rouleaux tournent indépendants l'un de l'autre, dans leurs coussinets de cuivre. Un troisième rouleau conique D, est semblablement soutenu au-dessous de la pièce E et de la machine. Tous ces rouleaux sont des troncs de cône en fonte, quelle que soit la forme des dents ou des cannelures qu'on adopte. Celles-ci doivent être disposées, les unes par rapport aux autres, de manière à laisser beaucoup de jeu entre elles, afin de pouvoir y introduire la quantité de tiges de lin qu'on veut y broyer et nettoyer.

La pièce de dessus E, de la machine qui porte le rou-

(1) Cette machine a beaucoup d'analogie avec celle qu'a fait construire M. Christian, en France, vers la même époque.

leau conique supérieur D, est fixée ou reliée au bâti A A A, par de fortes charnières ou par tout autre système de joint mobile placé en G, et par des chevilles de fer ou de tout autre matière suffisamment résistante.



1411. 1412.

H H, est fixée par son extrémité supérieure au moyen d'un joint à la pièce de dessus E ; elle passe par le trou pratiqué près de I, et elle est fixée par son extrémité inférieure et par un autre joint K, à la marche ou levier K L, qui pivote autour du point de la charnière M, un ressort ou un poids (mais le premier est préférable par plusieurs motifs) est adapté à la machine, de telle manière que son action maintient toujours la pièce de dessus E, et par conséquent le rouleau supérieur D, dans une position écartée des rouleaux B et C. Lorsque la machine ne fonctionne pas il s'ensuit que l'extrémité L, du levier se trouve aussi soulevée, ce qui permet d'introduire entre les rouleaux le lin qu'on veut broyer, c'est-à-dire de l'introduire au-dessus des deux rouleaux inférieurs B et C, et au-dessous du rouleau supérieur D. Le ressort peut être disposé de plusieurs manières, comme par exemple entre la pièce supérieure E, et le dessus de la plate-forme de la machine en N, ou bien il peut consister en un fil d'archal assez fort, contourné en spirale, ayant son extrémité supérieure arrêtée contre la plate-forme ; tandis que, par son extrémité inférieure il est fixé à la tige H H, autour de laquelle il s'enroule, ainsi qu'on le voit en O ; ou bien il peut encore être placé au-dessous de l'extrémité L de la marche.

Dans tous les cas, sa force ne doit pas dépasser celle qui est juste suffisante pour soulever le rouleau supérieur D, de $0^m,05$ à peu près des rouleaux inférieurs, autrement il donnerait une fatigue inutile à la personne qui ferait fonctionner la machine.

Voici la manière de s'en servir : Le rouleau de dessus et ceux de dessous se trouvant écartés, comme nous venons de le dire ; on y introduit une poignée de tiges de lin desséchées qu'on tient étalée avec les deux mains, tandis que les rouleaux se rapprochent entre eux par la pression exercée par le pied sur la marche L. Tant que cette pression dure, on tire et on pousse avec les mains le lin entre les rouleaux, en le maintenant dans la direction perpendiculaire à leurs axes. On le retire, de temps à autre, d'une seule main, on ôte le pied de dessus la marche jusqu'à ce que la poignée soit replacée de nouveau entre les rouleaux, et on l'y fait passer et repasser ainsi plusieurs fois, tantôt par l'un des bouts, tantôt par l'autre, jusqu'à ce que la chénevotte soit suffisamment broyée dans toute sa longueur.

Par cette succession d'opérations, en pressant du pied la marche L, chaque fois que le lin ou la filasse sont introduits entre les rouleaux, et en réglant cette pression selon l'état plus ou moins avancé de la filasse, celle-ci se trouve bientôt suffisamment travaillée, et la fibre assez nettoyée et assez divisée pour être soumise au blanchiment ; ou bien, si la filasse est destinée à être filée sans avoir été blanchie suffisamment dans cet état, en continuant à la faire passer sous les rouleaux, et particulièrement entre les parties de ces rouleaux qui se rapprochent de leur plus petit diamètre.

En effet, on doit commencer et continuer pendant quelque temps l'opération, en introduisant le lin entre les rouleaux, du côté de leurs grands diamètres, et on doit les terminer en les faisant passer du côté des plus petits. Sous ce rapport, on trouvera que les rouleaux coniques sont une invention aussi convenable qu'utile : car, comme les cannelures varient entre elles de distance dans tout l'intervalle qui sépare les gros bouts des petits, il devient alors presque impossible à l'ouvrier avec de pareils rouleaux d'y faire passer le lin sans faire continuellement varier les points de contact ; le broyage de la chénevotte se faisant ainsi beaucoup plus irrégulièrement, les fibres se trouvent beaucoup mieux approchées qu'elles ne peuvent l'être avec des cylindres cannelés ou avec les autres systèmes du même genre qui avaient été employés jusque-là. C'est que probablement ces derniers broyaient fréquemment les fibres sur les mêmes points ; si l'on a l'intention de blanchir le lin avant de le filer, on peut avoir recours alors à la deuxième partie de l'invention de M. Bundry, laquelle consiste en petits baquets mobiles qu'on plonge dans l'eau ou dans le liquide destiné à blanchir le lin, ce qui se fait de la manière suivante.

Lorsque le lin a été broyé et convenablement préparé par la machine, on doit le rassembler par petits paquets d'environ 30 gram., qu'on lie par le milieu, sans trop serrer l'attache, on le met ainsi dans les baquets, et on le laisse tremper dans l'eau froide pendant un jour ou deux ; alors on fait passer séparément chaque paquet mouillé, sous une machine construite précisément comme celle que nous venons de décrire ; excepté seulement que les rouleaux en sont cylindriques et faits entièrement de bois avec des axes en métal. Les cannelures sont ici parallèles, mais façonnées comme on peut le voir fig. 1412.

On a pu voir, à la dernière exposition, deux autres machines à broyer, très simples et basées sur des principes très rationnels. La première et la plus ancienne était une machine à teiller de *Hoffmann*, construite par M. Decoster, que nous donnerons dans notre ouvrage spécial sur le travail des matières textiles. La seconde est une machine plus nouvelle, inventée en Belgique, importée en France par M. Mertens, et construite par MM. Chapelle et Montgolfier.

Cette machine, d'après son auteur, peut tiller de 80 à 100 kilogr. de lin brut, avec la force de deux hommes en douze heures de travail ; son rendement est également de 20 à 25 p. 100 de lin ou de chanvre tillé.

La fig. 1416 donne une vue latérale de la machine du côté des engrenages commandant les disques porte-lames ;

La fig. 1418, une projection verticale vue de face ;

La fig. 1413 est une section verticale faite par le milieu ;

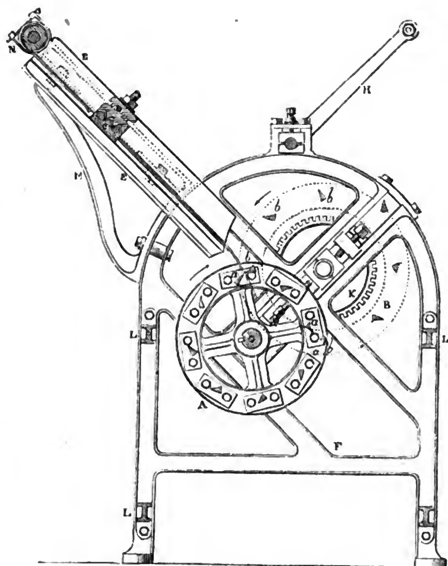
Les fig 1414 et 1415 représentent la manivelle et les engrenages qui impriment le mouvement.

La base fondamentale de la machine consiste dans les deux plateaux A et B qui ont deux diamètres diffé-

rents, et qui portent les lames *a*, *b*, disposées au sens opposé comme le sont des dents d'engrenage sur des roues qui doivent communiquer ensemble; seulement ici, les dents ont une forme différente et sont beaucoup plus espacées. Ces dents, ou mâchoires, sont destinées à recevoir les matières à broyer. Elles doivent, par conséquent, engrener suffisamment pour opérer le broyage, mais cet engrènement ne doit pas aller jusqu'au contact qui déchirerait la matière textile. Cet effet s'obtient facilement en conservant l'espace voulu entre les axes, et en imprimant une vitesse égale aux deux plateaux qui ont des rayons différents.

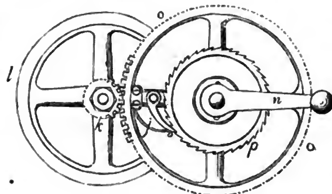
Les fig. 1419 et 1420 donnent les détails de ces mâchoires avec la matière à tiller, lors du travail et dans différentes positions.

La fig. 1420 représente ces lames, après un certain mouvement, elle montre que la matière filamenteuse a changé de direction, qu'elle présente maintenant une ligne courbe à laquelle elle n'a pu arriver qu'après avoir été froissée et tillée, de manière à enlever la partie solide.



1443.

La fig. 1417 donne une coupe verticale des porte-lames A et B. On voit que les deux plateaux sont évidés et montés sur des arbres en fer *c* et *d*, qui tournent en sens inverse. C'est l'arbre inférieur *c* qui reçoit le mouvement par une courroie ou une manivelle, suivant que la machine est mue par un moteur ou à la main. Le mouvement est transmis à l'autre arbre *d* au moyen des roues d'engrenage droites de même diamètre K, K'.



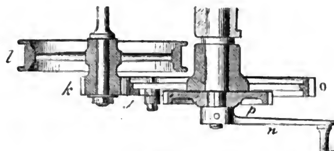
1444.

La matière filamenteuse à tiller est fournie aux dents à broyer par les mâchoires C et D, dont la première inférieure est en fonte, et la supérieure est en bois, afin de pouvoir serrer suffisamment la matière sans la briser (fig. 1413).

Ces mâchoires, qui livrent la matière, s'avancent lentement et à mesure que le travail l'exige.

Ce mouvement s'effectue par les rapports de commande entre l'arbre des mâchoires C et D, et les poulies motrices dont nous avons parlé.

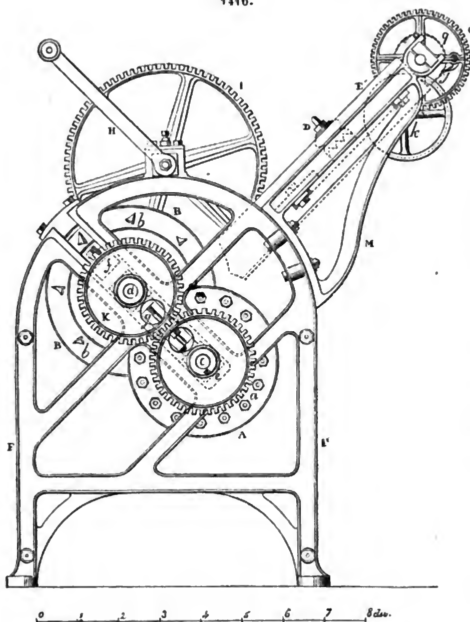
On voit, en effet, que les mâchoires C et D sont entourées en *i*, par une corde qui passe sur l'arbre N, lequel reçoit à l'une de ses extrémités la roue d'engrenage O qui communique avec le pignon K, qui communique, à son tour, avec les roues I, K, K'. Rien de plus simple que d'établir le rapport voulu entre cette commande et les disques (fig. 1418).

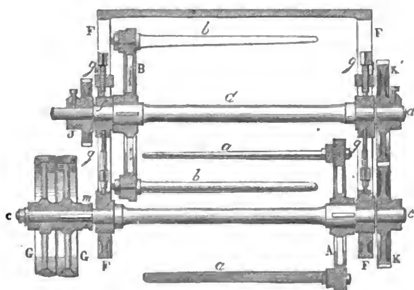


1445.

LIN.

1416.





1417.

Pour enlever la matière à tiller ou la changer de bout, on fait tourner de nouveau N en sens opposé, au moyen d'une manivelle fixée dans le bout de l'arbre.

On conçoit qu'on peut établir cette machine de manière à faire varier le travail avec la force qu'on a à sa disposition. Cette variation de force et de travail permettra de construire des machines plus ou moins fortes et d'un prix plus ou moins élevé. MM. Chapelle et Montgolfier en font de 400 à 600 fr. Cette machine nous paraît cependant encore trop compliquée pour être considérée comme un véritable ustensile rural, mais elle pourrait être utilisée par des entrepreneurs de tillage qui s'installeraient dans chaque centre de production de lin ou de chanvre, et qui les broieraient à un prix à forfait.

Préparations manufacturières. Si on se rappelle les propriétés naturelles du coton et du lin, et si on compare les états différents dans lesquels ces matières arrivent aux usines, on appréciera facilement les motifs qui ont fait adopter des préparations spéciales à chacune d'elles. Rappelons-nous, en effet, que le coton présente un brin tout formé, assez court, tortillé, et d'une douceur extrême, qu'il arrive aux établissements à peine nettoyé.

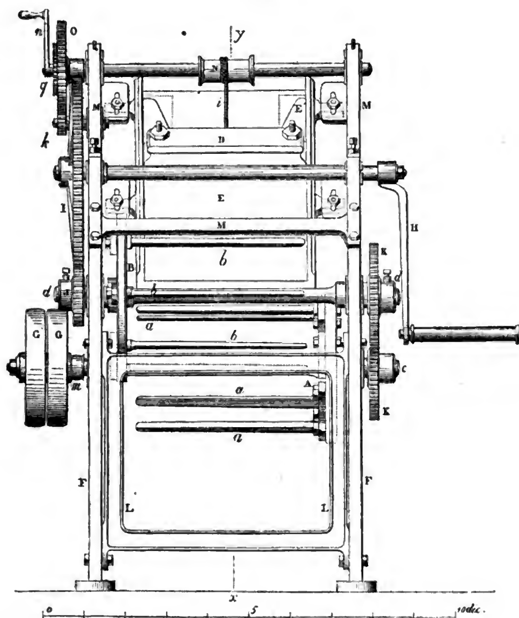
Le lin et le chanvre, au contraire, présentent des brins toujours très droits, d'une longueur plus considérable, dont il faut former et assouplir les filaments.

Le but principal des préparations du lin et du chanvre consiste à séparer les brins pour former des filaments, à les adoucir, à les rendre aussi flexibles que possible en les rangeant parallèlement entre eux.

Les opérations analogues à celles du battage du coton deviennent, par conséquent, inutiles, et le cardage, si nécessaire et si convenable pour redresser et diviser les brins si courts du coton, n'au-

rait plus de but et serait inapplicable à des matières formées de brins d'une certaine longueur.

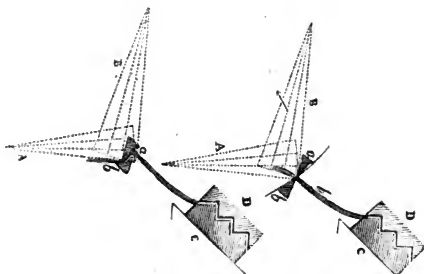
1418.



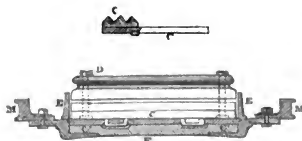
Il a donc fallu avoir recours à des moyens nouveaux pour arriver à des préparations convenables. L'opération du *peignage*, que nous allons décrire, en forme le travail essentiel et le premier dont l'ouvrier ait à s'occuper lorsqu'il s'agit du lin.

Dans les préparations du chanvre, on fait précéder le peignage d'un traitement que nous devons indiquer en quelques mots, afin de n'avoir plus à revenir sur le chanvre et de pouvoir confondre son travail avec celui du lin.

Le chanvre étant sensiblement plus long et surtout bien moins souple encore que le lin, a besoin, pour être travaillé par les mêmes machines que celui-ci, d'être diminué de longueur et d'être assoupli.



1419. 1420.



1421.

Coupage du chanvre. Le coupage du chanvre, pour le diminuer de longueur, se fait de manière à le diviser en trois parties : on sépare le milieu des deux extrémités, et on obtient, par conséquent, des mèches de qualité différente, à cause de l'épaisseur variable de la tige sur la longueur ; on coupe quelquefois aussi le lin, mais ce n'est que lorsqu'il est d'une grande hauteur. On y a presque généralement renoncé pour les lins ordinaires.

Le coupage doit se faire de manière à ne pas présenter une coupure carrée, c'est-à-dire ayant une section perpendiculaire à la longueur des filaments ; il faut au contraire que la division se fasse plus tôt par arrachement, afin que, lors de la suture des brins les uns aux autres qui aura lieu ultérieurement pour former les rubans, les jonctions ne soient pas sensibles par leur épaisseur.

M. Decoster a construit une roue à couper qui produit la coupure dans les conditions que nous venons d'indiquer.

Afin d'assouplir le chanvre on en forme des tresses qu'on entasse les unes sur les autres dans une auge, puis on les bat dans tous les sens avec une espèce de pilon ; ce froissement des filaments les uns contre les autres les assouplit. M. Decoster avait cherché à remplacer ce moyen par une espèce de machine à broyer qui donnait de bons résultats d'abord, mais qui demandait tant de réparations, qu'il nous a déclaré qu'il y renonçait.

Une fois le chanvre coupé et assoupli, il rentre dans les conditions du lin, et tout ce que nous allons dire du travail de cette matière lui sera par conséquent applicable.

Peignage. Lorsque le lin arrive aux ateliers, il est loin d'avoir tous les filaments élémentaires de ses brins complétement détachés, d'avoir la souplesse et la douceur au toucher qui facilite leur glissement les uns sur les autres. Le peignage est l'opération qui a pour but de diviser les brins autant que faire se peut, sans briser les filaments ; de les assouplir sans les fatiguer, de les détacher parfaitement les uns des autres, afin de faciliter leur glissement au contact et de les ranger aussi parallèlement que possible.

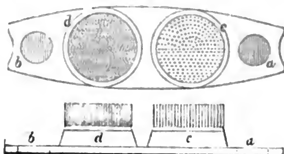
Pour arriver à ces résultats on fait passer à plusieurs reprises la mèche à peigner sur des dents métalliques plus ou moins fines et plus ou moins rapprochées entre elles ; ces dents sont fixées sur une pièce ou semelle, elles doivent être d'autant plus serrées et plus fines que la matière à peigner est plus fine, ou que l'opération est plus avancée. Il y a donc nécessité, pour que l'outil soit bon, de pouvoir changer les dents et de les rapprocher au besoin.

Ce peignage, comme l'on voit, ressemble en quelque sorte à celui d'une chevelure, dans lequel on a également pour but de démêler, d'adoucir et de ranger les cheveux, mais pour le travail qui nous occupe il s'agit de prendre en considération, en outre, les conditions manufacturières qui consistent à produire bien, beaucoup, et à bas prix : nous allons voir jusqu'à quel point ces conditions ont été remplies dans l'état actuel des choses.

Quoiqu'on ait inventé plusieurs machines à peigner à la mécanique, depuis que M. Philippe de Girard a le premier présenté sa peigneuse, si habilement conçue, on n'est cependant pas encore parvenu à peigner le lin complétement à la mécanique, et sans le secours des peigneurs à la main ; dans plusieurs établissements de médiocre importance, l'opération du peignage se fait même encore exclusivement par des hommes.

Peignage à la main. Le peigne dont on se sert pour le travail à la main est formé (fig. 1422 et 1423), d'une

1422.



1423.

pièce de bois triangulaire à laquelle s'adapte une pièce métallique dans laquelle sont fixées des aiguilles en acier trempé plus ou moins fines, plus ou moins rapprochées entre elles, suivant la qualité de la matière à traiter. Ce peigne est fixé d'une manière invariable, au mur, à une hauteur convenable du sol, 0^m,75 environ, de manière à faciliter le travail à l'ouvrier, qui doit avoir à sa disposition une série de quatre à cinq peignes de rechange dont les dents doivent aller graduellement en se serrant et en augmentant de finesse.

L'ouvrier exécute l'opération en faisant passer une mèche de lin ou une poignée d'environ 0^k,12 à 0^k,15 sur les dents, un certain nombre de fois suffisant pour produire complétement l'effet qu'on se propose et que nous avons décrit plus haut.

On conçoit qu'il est nécessaire que l'ouvrier retourne la mèche pendant le travail, de manière à peigner également les deux extrémités de celle qu'il tient à la main, aussi bien que celle qui flotte ; et que, vers la fin, la partie qu'il est obligé de tenir dans la main doit être le moins serrée possible, afin que les fibres ne soient pas trop comprimées et que la mèche se présente carrément et non en pointe. Et, pour que ces filaments ne soient pas brisés ni affaiblis au peignage, l'ouvrier a bien soin de piquer et de repiquer la mèche perpendiculairement à ses fibres, et à la faire marcher successivement de l'extrémité libre à celle qu'il tient en main, de manière à les fendre seulement et à les séparer, suivant la direction de leur adhérence sans effort nuisible.

Le travail du peignage fait subir un déchet assez considérable au lin ; ce déchet est de deux sortes : celui provenant des corps étrangers et ordures que la matière filamenteuse contenait encore, et qui constitue une perte réelle ; et celui qui provient de brins très courts mêlés en tous sens entre eux et qui restent engagés dans les pieds des dents.

C'est cette dernière partie qui constitue les *étoupes*, tandis que la partie de la mèche qui se trouve peignée dans sa largeur, forme les *longs brins*.

Les étoupes sont employées à peu près aux mêmes usages que les longs brins, si ce n'est pour former des produits plus communs que ceux que l'on retire des longs brins qui les ont fournies.

Mais tandis que les longs brins sont peignés, comme nous venons de l'indiquer, les étoupes sont soumises à un cardage sur des cardes analogues, sauf quelques modifications, à celles employées pour le travail de la laine que nous avons décrit p. 2168 et suiv.

La quantité d'étoupes retirées du lin peut varier de 30 à 40 p. 100 suivant la nature des lins et suivant que l'on a poussé le peignage plus ou moins loin.

La poussière et l'évaporation peuvent être estimées de 2 à 4 p. 100.

A mesure que l'ouvrier forme des étoupes, pendant son travail il les retire du peigne et les dépose à côté de lui, sur une place réservée d'un banc disposé à cet effet, et dont la partie antérieure est destinée aux longs brins. Il dépose successivement des mèches jusqu'à ce qu'il en ait une quantité suffisante pour former un paquet d'environ 10 kilogrammes.

Il est bien entendu que, dans un atelier de peignage, les choses sont disposées suivant les quantités que l'on veut produire, par conséquent le nombre d'ouvriers à employer.

Les peignes et les bancs de service sont adaptés de manière à être convenablement éclairés et à laisser un espace suffisant entre eux pour le service.

On serait loin de se douter, par le simple énoncé théorique des conditions qu'un bon peignage doit remplir, des difficultés nombreuses que l'on a rencontrées lorsqu'on a voulu substituer le peignage mécanique à celui exécuté à la main.

On se rendra mieux compte de ces difficultés et des complications que présente cette opération mécanique, en la voyant exécuter et en remarquant que l'ouvrier habile possède certain tour de main pour présenter la gerbe de lin épanouie, et par conséquent aussi mince que possible à l'action des aiguilles pour la piquer et fendre seulement les brins, sans prolonger leur action d'une manière continue sur toute leur longueur, ce qui augmenterait les étoupes sans améliorer le travail.

Que pour retirer cette gerbe des aiguilles du peigne il emploie plus ou moins de force selon que la mèche est plus ou moins fortement engagée; mais il n'exerce, en tous cas, que l'effort nécessaire pour dégager le brin sans le rompre.

Qu'il dégage les étoupes avec le plus grand soin pour les conserver légères et maniables, afin de faciliter également leur préparation.

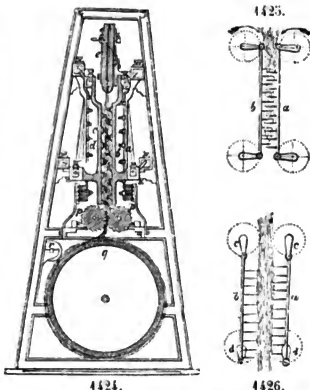
Si, à ces conditions, on ajoute la nécessité de faire varier la finesse et le rapprochement des aiguilles, de ne pas affaiblir les filaments, de tirer le plus possible de longs brins d'une quantité donnée de lin, de débarrasser facilement la machine de ses étoupes sans la détériorer à mesure qu'elles se produisent, et enfin de réaliser ce travail à bon marché; on s'étonnera moins que le problème pratique du peignage mécanique ne soit pas complétement résolu encore.

Parmi les nombreuses machines à peigner proposées, nous allons en décrire quelques-unes des plus anciennes et des plus remarquables, et au moyen desquelles il sera très facile de se rendre compte de toutes les autres.

Au premier rang, vient naturellement se placer l'ingénieuse machine de M. Philippe de Girard; ce rang lui est dû, autant par sa simplicité, ses qualités, que par son ancienneté, quoique cependant elle ne soit pas parfaite encore, malgré les modifications ingénieuses que M. Decoster y a introduites. C'est la machine ainsi modifiée que nous allons décrire.

Peigneuse Girard. La fig. 1424 représente une coupe verticale de la machine faite par le milieu; des montants verticaux forment les côtés de la machine, ils sont assujettis ensemble par des traverses longitudinales consolidées par des tenons. Les pointes ou aiguilles du peigne ou séran qui doivent agir sur le lin sont montées sur les châssis *a*, *b*, *c*, *d*, et les bouts de filasse maintenus par des pinces ou mordaches *e*, sont ainsi suspendus à la barre qui leur sert d'appui et de guide à travers la machine.

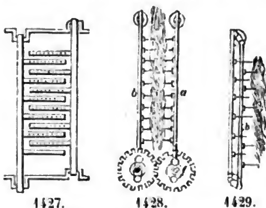
Afin de rendre évidents les principes de cet appareil, et son mode d'action, il est peut être nécessaire d'exposer, sous une forme abstraite, la manière dont les peignes sont amenés pendant l'opération sur la filasse, et nous avons dessiné dans ce but les fig. 1425 et 1426.



1425. 1424. 1426.

Supposez deux séries de peignes ou de pointes montées sur les châssis *a* et *b*, tel qu'on le voit dans les figures. Chaque châssis étant rendu mobile au moyen des manivelles *c*, *c*, et *d*, *d*, disposées de manière à ce qu'elles tournent toutes deux avec la même vitesse dans des directions opposées; il est évident que chaque partie des châssis et des peignes décriront des cercles correspondants à ceux décrits par les manivelles, les aiguilles marchant dans les directions de flèches et décrivant les cercles ponctués.

Durant ce mouvement, tandis que les manivelles descendent le premier quart de révolution, les châssis se rapprochent et se pénètrent, ainsi qu'on le voit fig. 1425, ils commencent ensuite à se séparer en décrivant le deuxième quart de révolution et viennent dans la position de la fig. 1426; en continuant ainsi à tourner, ils s'éloignent l'un de l'autre en décrivant le premier quart de cercle ascendant, et ils arrivent ainsi dans la position où ils sont l'un de l'autre à la plus grande distance possible; ils décrivent enfin le deuxième quart de cercle ascendant et reprennent leur troisième position.



1427. 1428. 1429.

Si donc il y a une mèche de filasse suspendue entre les deux châssis garnis de pointes, comme dans la fig. 1424, et si l'on continue le mouvement de rotation pendant un temps suffisamment long, le lin se trouve peigné dans toute la longueur qui aura été soumise à l'action des aiguilles, quoique chaque aiguille considérée séparément n'ait agi que dans un petit espace. Pour diminuer la quantité de longs brins que les étou-

LIN.

pes produites par cette peigneuse entraînent avec elles, on y a apporté les modifications suivantes, représentées fig. 1427, 1428 et 1429.

L'appareil consiste en deux séries de peignes (figure 1428) fixées aux deux châssis mobiles représentés en *a* et *b*. Chaque châssis est formé de montants verticaux *a*, *b*, portant des branches latérales garnies de dents de peignes; ces branches ou bras sont parallèles et à égale distance les uns des autres, mais ils sont fixés à chaque châssis de manière à occuper les espaces intermédiaires, quand les châssis sont réunis l'un à l'autre comme l'indique la fig. 1429. Les châssis sont mis en mouvement au moyen de manivelles tournantes qui y sont adaptées, ainsi que le représente la fig. 1427, et lorsque les manivelles tournent sur leurs axes.

Les bras de l'un des montants passent entre ceux de l'autre sans se toucher, cela constitue ce qu'on appelle une monture de peignes; mais dans une machine perfectionnée il y a deux systèmes semblables, les pointes de l'une s'y trouvant opposées à celles de l'autre.

La manière dont les séries de pointes, qui constituent une machine, agissent sur le lin est indiquée par la fig. 1427, qui représente l'appareil vu de profil. Lorsque les manivelles tournent dans la direction des flèches, les montants viennent dans une autre position, et c'est alors que les pointes ou les peignes de l'un d'eux *a*, commencent à pénétrer dans le lin, et qu'en descendant ces pointes peignent ou divisent les fibres. Le mouvement de rotation des manivelles continuant, les deux montants *a* et *b* viennent dans la position indiquée par la fig. 1428. Les pointes du montant *a* se retirent de la filasse, tandis que celles du montant *b* s'en rapprochent, et poussent les fibres en dehors des premiers pour qu'elles soient peignées par l'effet du mouvement descendant des pointes.

On voit par là qu'à mesure que les peignes du châssis *a* et *b* s'avancent chacun à son tour, ils passent en dehors l'un de l'autre la totalité de la filasse, et rendent impossible l'entraînement et l'embrouillement des filaments, puisque chaque montant, en s'avançant, nettoie de toutes les fibres qui ont pu s'y attacher les pointes du montant qui vient d'agir.

Toutefois, une simple monture de peignes semblables n'agissant que d'un seul côté de la filasse, n'opérerait qu'imparfaitement la division des fibres; il est donc nécessaire pour atteindre le but d'une manière plus efficace d'employer deux montants et de les placer à l'opposé l'un de l'autre, de chaque côté de la filasse, comme on le voit par la disposition des figures.

Les manivelles des deux montants opposés, *a* et *b*, et *c*, *d*, sont liées l'une à l'autre au moyen des roues dentées *e*, *f*, comme dans la fig. 1428, ou bien par quatre roues dentées qui permettent aux peignes d'agir en même temps, les deux montants se trouvant en sens contraire, mais avec des vitesses égales, et la filasse se trouvant par ce moyen peignée ou sérancée de la manière indiquée par la dernière figure.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que deux montants garnis de pointes, et constituant une double monture opérant de chaque côté de la bande de filasse interposée. Mais si l'on veut produire une plus grande quantité d'ouvrage, on peut établir dans la même machine plusieurs montures semblables, travaillant l'une à côté de l'autre, et s'étendant dans le sens de la largeur de la machine. Les peignes peuvent alors être placés sur trois châssis, dont celui du milieu peut avoir ses branches ou ses bras s'étendant de chaque côté, tandis que les bras des deux autres châssis viendraient seuls pénétrer dans les intervalles de ce châssis intermédiaire, ou mettre en mouvement un système de peignes ainsi disposés; il faut que les montures soient reliées entre elles par de triples manivelles.

Tel est le principe sur lequel repose la machine à peigner, perfectionnée, et représentée par les diverses figures dont nous allons décrire maintenant chaque construction séparément. La machine ou l'appareil représenté par la fig. 1424 a quatre séries de peignes, dont deux opèrent sur le lin par devant et deux par derrière. *a* et *b* sont les deux séries de devant, et *c*, *d*, les deux séries placées en arrière; *e*, *e*, sont les poignées auxquelles sont suspendues les bandes de filasse, préalablement espadée. Ces poignées sont accrochées à la barre, qui leur sert d'appui et de guide.

Les montants des peignes sont fixés en haut et en bas aux hirondelles *g*, *g*, qui sont toutes en communication au moyen de roues dentées, et mises en mouvement par la courroie d'une roue conductrice.

Les peignes une fois mis en action de la manière que nous avons décrite, opèrent sur les bandes de filasse suspendues au milieu d'eux, et en divisant les fibres. Ainsi que nous l'avons dit, ces bandes de filasse sont progressivement conduites à travers la machine au moyen des crampons qui les tiennent suspendues, et qui glissent sur leur guide par l'action de la chaîne sans fin, à laquelle les crampons sont séparément attachés au moyen d'un crochet qui s'implante dans un des chaînons.

La chaîne est conduite par une roue à cames, tournant sur l'axe d'une roue d'angle, à laquelle on imprime un mouvement lent de rotation au moyen d'un pignon d'angle placé sur l'axe d'une roue semblable, mise en mouvement à son tour par un autre pignon fixé à l'extrémité de l'axe de la manivelle supérieure. Par ce moyen, les crampons garnis de filasse et placés sur le bord de la barre qui leur sert de guide, sont conduits lentement à travers la machine, où le lin se trouve graduellement soumis d'abord à l'action des aiguilles d'un peigne grossier, placées à distance les unes des autres, et finalement à celle de pointes plus fines et plus rapprochées entre elles; ensuite chaque crampon et la filasse qu'il porte sont retirés de la machine, à l'extrémité opposée de la barre sur laquelle il a glissé pendant l'opération.

Mais si l'ouvrier néglige d'enlever la pince arrivée à l'extrémité de la barre, la machine s'arrête au moyen d'un levier articulé et fourchu à son extrémité, lequel pousse la courroie et la fait passer de la poulie conductrice fixe sur une autre qui est libre, et porte ainsi en dehors de la machine l'action de la force motrice.

A mesure que les peignes en agissant sur le lin pour en diviser les filaments en déchirant les fibres, et en réduisent une partie en étoupe, celle-ci est séparée de la filière pendant le mouvement descendant du pignon, et elle est déposée entre deux rouleaux sans fin *p*, *p* (figure 1424). Ces rouleaux la conduisent au grand tambour *q* placé par dessous, autour duquel elle s'enroule en deux lames sans fin, l'une d'étoupe grossière, l'autre d'étoupe fine, leur adhérence étant favorisée par un rouleau *r*; et lorsqu'une certaine quantité de cette étoupe se trouve accumulée autour de la périphérie du tambour, on l'en retire en la coupant par bandes. Les rouleaux cannelés, ainsi que le grand tambour, sont mis en mouvement au moyen de courroies. Lorsque chaque bande de filasse a été ainsi conduite à travers la machine à peigner, on ouvre les mâchoires des mordaches, on change les bouts de la filasse et on introduit de nouveau celle-ci entre les mâchoires de l'instrument, de manière que l'extrémité de la bande qui n'a pas été soumise à l'action de la machine le soit à son tour de la même façon. Afin d'empêcher une partie quelconque du lin de s'attacher aux branches des châssis mobiles, chacun de ceux-ci est garni d'un bouclier, ou plaque de fer poli ou de cuivre, qui recouvre une partie des peignes ainsi que les têtes des vis qui tiennent ceux-ci fixés aux branches. Comme la plaque de métal est courbée en forme de bouclier, elle glisse sur les branches des

châssis qui portent les peignes, et elle est suffisamment élastique pour y produire une forte pression.

Mais il faut faire observer que les bords des boucliers doivent varier selon la position dans laquelle on doit les placer. Ceux qui doivent garantir les branches supérieures des peignes ne doivent s'avancer que fort peu, de manière à ne pas recouvrir les pointes et à les laisser libres de pénétrer dans la filasse. Mais les boucliers des peignes inférieurs doivent se projeter considérablement vers les pointes, afin de les empêcher de pénétrer trop avant dans les filaments, ce qui a pour but de faciliter la chute de l'étoupe, laquelle autrement ne serait retirée que difficilement des peignes si elle était poussée trop avant vers la base de leurs dents.

Comme il est avantageux que chaque bande de filasse soit peignée à son extrémité inférieure avant de l'être vers le milieu de sa longueur, il est nécessaire pour produire cet effet d'enlever quelques-unes des dents des peignes qui sont adaptés aux branches supérieures. Par ce moyen, l'action des peignes sur le lin commence et se continue par degrés, et se termine de la même manière à l'autre extrémité de la machine, ce qui est très avantageux, en ce que cela permet de nettoyer complétement le lin de son étoupe.

On a d'ailleurs pour habitude, comme nous l'avons dit en commençant, de procéder au peignage mécanique par une préparation de sérançage à la main, qui consiste à démêler grossièrement la matière filamenteuse, à l'ébaucher, pour continuer le travail à la machine. Et lorsque celle-ci rend la mèche travaillée, la partie qui a été saisie la dernière par la peigneuse mécanique a été comprimée, et a par conséquent également besoin d'être retouchée à la main; c'est ce dernier coup de main qu'on désigne sous le nom d'affinage.

Peigneuses Worts-Woud. Quoique assez différente dans sa disposition générale avec la peigneuse Girard, la machine de Worts-Woud est établie sur des principes à peu près semblables.

Les figures qui suivent représentent le plan et la coupe de cette machine à peigner, qui a été construite double afin de pouvoir opérer en même temps sur deux séries de bandes de filasse.

La fig. 1430 offre une vue horizontale de la machine. La fig. 1431 la représente vue par le bout; le tout est figuré dans l'ordre où se trouvent toutes les parties de l'appareil quand il fonctionne, et les mêmes lettres désignent, dans chaque figure, les mêmes parties correspondantes.

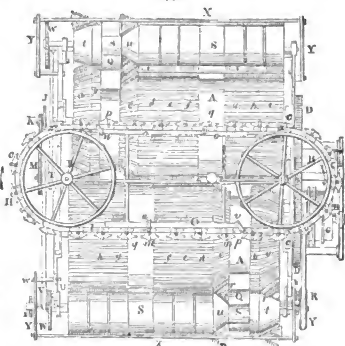
A, A, sont deux grands tambours, à la surface desquels sont fixés longitudinalement plusieurs séries de nervures de cuivre *a, b, c, d, e, f, g, h, i*, lesquelles maintiennent et serrent des dents de peignes. Ces nervures se trouvent placées à peu de distance les unes des autres autour des tambours, et toutes les pointes y sont placées dans la direction des rayons. Les tambours sont montés sur des axes supportés par des montants d'aplomb, lesquels s'appuient sur les extrémités des traverses du bâti. B, B, sont deux roues ou poulies horizontales, tournant sur des flèches placées verticalement. Ces poulies conduisent une chaîne sans fin *c, c, c*, portant les pinces, auxquelles sont suspendues les poignées de lin ou de toute autre matière qu'on désire peigner.

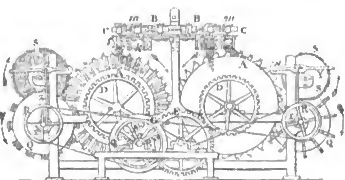
A l'une des extrémités de l'axe de chaque tambour est fixée une roue dentée D D, et les roues sont en communication entre elles au moyen d'une autre roue dentée, ainsi qu'avec un pignon F (fig. 1430 et 1431). Ce dernier se trouve fixé sur l'arbre de la poulie qui conduit la courroie C.

La puissance d'une machine à vapeur, ou tout autre force motrice, étant mise en communication au moyen d'une courroie ou d'une corde avec l'axe C, le pignon F se met à tourner, et comme il engrène avec les roues dentées E et D, D, il fait tourner les tambours-peignes A, A, simultanément, dans des directions contraires, ainsi que l'indiquent les flèches dans la fig. 1431.

Les poignées ou bandes de filasse qu'on veut soumettre à l'action de la machine, sont placées séparément entre les jumelles *k*, auxquelles elles sont attachées, et celles-ci, ainsi garnies, sont ensuite suspendues à leurs pinces respectives H, H, qui se trouvent fixées à la chaîne sans

1430.





1431.

fin *e*. La partie inférieure du lin ainsi suspendu donne prise aux peignes tournants, tandis que la partie supérieure est relevée en nœud coulant et maintenue par des leviers à ressorts fixés à chaque jumelle.

Les pinces de chaque jumelle sont des fourchettes garnies de crochets dans la partie inférieure de leurs branches, lesquels reçoivent les extrémités des jumelles *k*, qui maintiennent les bandes de filasse de la partie supérieure de chaque fourchette. Il part perpendiculairement une tige, qui étant introduite dans l'axe des douilles *l, l, l*, placées sur le devant de la chaîne sans fin, forme un axe qui permet aux fourchettes de faire un demi-tour à des intervalles réglés pendant l'opération.

A l'extrémité supérieure de chacune de ces tiges se trouve fixé un petit bras de levier (fig. 1430), faisant angle droit avec la partie antérieure de la fourchette du cramponnet H. Lorsque la chaîne sans fin amène par intervalle les pinces, ces bras du levier viennent en contact avec les tiges stationnaires ou frottoirs *n, n*, fixées aux guides *o*, sur lesquelles la chaîne glisse, et ces frottoirs agissant contre les bras du levier au moment

où ceux-ci viennent à passer, font faire alors un demi-tour aux cramponnets, afin qu'ils présentent le revers des bandes de filasse à l'action des pointes du peigne.

Supposons maintenant que tous les cramponnets qui se trouvent fixés à la chaîne sans fin sont garnis de bandes de filasse, ou de tout autre matière destinée à être peignée, et que les tambours A, A, étant mis en mouvement comme nous venons de le dire, tournent dans le sens des flèches telles qu'on les voit dans la figure 1430. Un pignon placé à l'extrémité des axes d'un des tambours A, entraîne une suite de roues dentées, *j*, *k*, *l*, *m* et N, jusqu'à l'axe de cette dernière, où se trouve un pignon d'angle qui s'engrène avec une roue d'angle *q*, tournant horizontalement à l'extrémité inférieure de la flèche verticale de l'une des poulies de la chaîne.

On voit par là comment à mesure que les tambours tournent, leur mouvement de rotation se communique à la poulie B, et force celle-ci à faire avancer la chaîne *v*, qui par ce moyen amène les différentes bandes de filasse progressivement le long du tambour.

Lorsque chaque crochet arrive successivement avec sa bande de filasse au point *z* (fig. 1431), les filaments se trouvent alors en contact avec le tambour tournant et s'engagent d'abord entre les séries de peignes grossiers *a*, *a*, qui sont placés sur une surface inclinée ou conique du tambour ; par cette disposition, les extrémités inférieures de la filasse de chaque bande se trouvent soumises les premières à l'action de la machine à mesure que celle-ci tourne, la partie supérieure, et finalement toute la longueur des filaments de l'écheveau suspendu, se trouvent graduellement amenées sur les peignes.

Cette marche progressive de l'opération empêche que les longs filaments se rompent, et fait qu'on obtient ainsi beaucoup moins d'étoupe qu'on en produit ordinairement.

Lorsque la mèche de filasse, soit du lin, soit de tout autre substance, a été transportée par la chaîne sans fin au-delà de la première surface conique ou inclinée *a* du tambour-peigne, il se trouve alors sur la partie cylindrique *b* du tambour, qui est pareillement garni de grosses pointes ; celles-ci pénètrent et peignent alors dans toute leur longueur les brins suspendus.

Mais, afin que les deux côtés de la bande de filasse puissent être également soumis à l'action du peigne, le crochet auquel celle-ci est suspendue doit alors faire un demi-tour sur son pivot, ce qui a lieu au moyen du bras de levier ou du *tappet m* (et pendant que la chaîne sans fin avance), lequel venant frapper contre la cheville fine ou le frottoir *n*, fait changer le crochet de position, ainsi qu'on le voit en *p* dans la projection horizontale, fig. 1430.

La partie inférieure de la barre *o* qui sert de guide, et sur laquelle glisse la chaîne sans fin, se trouve entaillée sur la pointe, afin de permettre au crochet de tourner horizontalement sur lui-même, et une tige qui fait saillie au dessous de cette même barre, à mesure que la chaîne continue à avancer, agit sur le côté du porte-crochet et le force à se maintenir dans une position parallèle à la chaîne. Par ce changement de position, l'autre côté de la bande de filasse vient passer successivement sur les peignes de plus en plus fins *d*, *e* et *f*, placés sur la partie cylindrique du tambour tournant, jusqu'à ce que la bande soit arrivée au second frottoir *n*, où le porte-crochet fait encore en *q* un demi-tour sur lui-même, et où le revers de la bande, c'est-à-dire le côté qui a déjà été soumis à l'action des peignes *a* et *b*, est de nouveau amené à passer progressivement sur les peignes de plus en plus fins *g*, *h* et *i*. Lorsque les dernières séries de peignes tournants sont passées, on retire successivement les crochets de la machine, la filasse se trouvant alors suffisamment peignée par le bout.

L'ouvrier ouvre alors les jumelles des pinces, il en retire les bandes de lin, et il les y replace de haut en bas, afin que les filaments puissent être peignés par leur extrémité opposée. Les jumelles étant ainsi regarnies de filasse, sont suspendues de nouveau à leurs crochets, de manière que l'extrémité non encore peignée puisse descendre jusque sur le tambour.

Afin d'éviter les interruptions dans le travail continu de la machine, on a proposé, lorsqu'on remet les bandes de filasse, de les suspendre aux crochets qui se trouvent du côté opposé, en *y*, ce qui est une des raisons pour lesquelles la machine a été construite double. Chaque paquet de filasse étant donc amené par la chaîne sans fin à parcourir le même chemin que celui que nous avons déjà décrit, les fibres se trouveront d'abord soumises à l'action des peignes les plus gros, placés sur la surface inclinée ou conique du deuxième tambour tournant, et ensuite à celle des autres peignes de plus en plus fins qui se trouvent sur la partie cylindrique de ce même tambour, jusqu'à ce que successivement au bout de sa course, comme dans le premier cas, on puisse considérer chaque bande de lin comme suffisamment peignée et propre à être retirée.

Il est nécessaire de faire remarquer ici, que comme les différentes qualités de filasse que l'on doit peigner exigent différents degrés d'action de la part des peignes, on peut obtenir ce résultat en faisant varier les rapports de vitesse des crochets et des tambours. On conçoit que ces rapports dépendent des diamètres des roues et des pignons, par lesquels la poulie B est entraînée par le mouvement de rotation du tambour. Ces roues et ces pignons sont donc disposés de manière à pouvoir être enlevés et remplacés par d'autres de différents diamètres, et tels que les circonstances peuvent l'exiger. On conçoit que plus les bandes de filasse marcheront vite à travers la machine, comparativement à la vitesse de rotation des tambours, moins elles éprouveront l'action des peignes tournants. Mais comme différentes qualités de filasse doivent être travaillées différemment, selon les circonstances, il est impossible de déterminer d'avance une vitesse quelconque ou les diverses relations de la machine ; mais l'ouvrier chargé de la direction de la machine s'apercevra promptement, sous ce rapport, des meilleures conditions à remplir.

Pendant que les filaments sont divisés par l'action des peignes tournants, les pointes de ces peignes arrachent une quantité de fibres courtes ou mal retenues, lesquelles forment une étoupe qui reste adhérente au tambour entre ces pointes ; en conséquence, afin de pouvoir l'enlever, ainsi que tout ce qui se trouve entremêlé au milieu de toutes ses dents, on a adapté longitudinalement aux tambours tournants Q, Q, plusieurs séries de brosses ou de pièces de bois hérissées de soies de cochon.

Ces tambours-brosses sont montés sur leurs axes parallèlement aux tambours-peignes ; ils s'appuient sur des supports fixés d'aplomb sur des tasseaux ou goussets, qui s'avancent des extrémités du bâti de la machine. Les parties des tambours-brosses qui se trouvent opposées aux parties cylindriques des tambours-peignes sont cylindriques aussi, et les parties de ces mêmes tambours-brosses qui sont en face des coudes sont contre-coudées ou en forme de troncs de cônes, renversées ou opposées par leurs angles comme *r*, *d*, de manière à pouvoir tourner parallèlement aux surfaces inclinées des tambours-peignes *a* et *c*.

Sur la périphérie des tambours Q, Q, se trouvent des côtés métalliques ou de bois garnis de soies de cochon ou de brosses, et fixés dans le sens de la longueur des tambours à une distance convenable les unes des autres. Les étoupes de soie rayonnent toutes à l'axe de la circonférence et pénètrent entre les dents des peignes.

Le mouvement de rotation est imprimé aux tam-

bours-brosses Q, Q, au moyen de courroies passant des roues conductrices, placées en *g*, sur les poulies R, R, fixées aux extrémités de chaque axe des tambours-brosses. On voit d'après cette disposition que les tambours Q, Q, doivent tourner en sens contraire des tambours-peignes, et avec une vitesse convenable pour que les brosses puissent pénétrer entre les dents des peignes, et en enlever l'étoupe et les autres débris qui ont pu s'y introduire.

L'étoupe et tous les autres débris fibreux qui se sont ramassés sur les brosses, sont transportés de là sur les cardes qui se trouvent placées autour de la périphérie des tambours S, S, lesquels sont montés sur des axes parallèles aux tambours-brosses, et tournant d'aplomb sur des goussets qui s'avancent des extrémités du bâti de la machine.

Ces rouleaux sont cylindriques, et recouverts de bandes de cardes en fil de fer dans les parties qui sont opposées aux portions cylindriques des tambours-brosses; mais ces parties du tambour *s*, qui sont opposées aux coudes *r* et *s* des tambours-brosses, sont coudées aussi ou rendues coniques en *t*, *u*, afin qu'elles puissent correspondre avec les surfaces inclinées *r* et *s*. Ces parties sont aussi recouvertes de bandes de cardes.

Le mouvement de rotation est imprimé aux tambours S, S, par des courroies qui viennent de la poulie T, fixée à côté de la roue dentée M (fig. 1430). Ces courroies entraînent des poulies semblables, V, V, montées sur

Nous allons passer en revue une autre machine anglaise plus simple en apparence, pour laquelle M. Évrard s'est fait breveter.

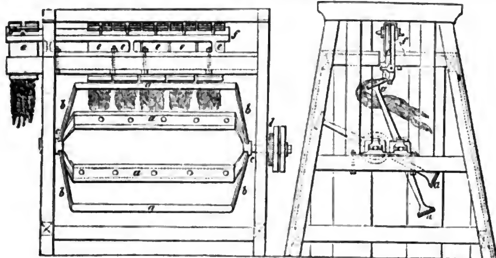
Le brevet de perfectionnement de M. Evrard pour les machines destinées à préparer le lin et le chanvre, s'applique premièrement à l'opération qui a pour but de racler, espader, et enlever les parties ligneuses de l'écorce qui recouvre le lin ou le chanvre dans leur état brut, et deuxièmement de peigner et carder, ou diviser les fibres de la filasse qu'on dispose pour être filée en fils de caret.

Les fig. 1432 et 1433 représentent la machine à espader dans différentes positions.

La fig. 1432 la montre vue de face. La fig. 1433 en coupe.

Les parties essentielles de la machine, et celles qui constituent spécialement l'invention, sont deux paires de batteurs tournants, formés tous deux de longues lames fixées sur des montants. Ces lames des batteurs *a*, *a*, peuvent être faites de bois dur ou de toute autre matière convenable; elles sont larges et minces et légèrement arrondies sur leurs bords, afin d'empêcher qu'elles ne coupent les filaments de lin ou de chanvre lorsqu'elles les frappent.

Les deux lames sont placées parallèlement l'une à l'autre et montées sur un châssis hexagone. Les bras du montant *b*, *b*, sont inclinés ou forment un angle obtus avec les lames, et à leur centre se trouvent les axes *c*, *c*, sur lesquels les batteurs font leur révolution.



1432. 1433.

des clous fixés dans le bois du bâti. A côté de chacune de ces poulies V, V, on a fixé un pignon *t*, lequel engrène avec la roue W, placée à l'extrémité de l'axe de chaque rouleau à cardes S, S. Par cette disposition, on donne aux rouleaux S un mouvement de rotation aussi lent qu'il le faut, pour que les brosses des tambours Q enlèvent et déposent l'étoupe et les autres débris filamentaux sur les cardes à mesure que celles-ci tournent, et d'où les matières sont ensuite enlevées par un peigne destiné à cet effet, qui les fait tomber dans une auge convenablement placée par dessous, ainsi que cela a lieu avec les machines à cardes ordinaires.

Les cardes X, X, X, sont établies sur la forme des rouleaux-cardeurs; elles sont soutenues par des tiges droites se prolongeant des deux côtés dans le sens de la machine, lesquelles sont soutenues à leurs extrémités par les leviers Y, Y, oscillants sur des pivots W, W. A ces leviers sont articulées des tiges perpendiculaires *z*, *z*, dont l'extrémité inférieure est fixée à un disque ou à un excentrique ou à une manivelle *x*, *x*, établis sur l'axe du tambour-brosse. On voit par là que le mouvement de rotation des excentriques *x*, doit faire osciller les leviers de la même manière que dans l'opération du cardage dans les machines à carder ordinaires.

Les axes des deux couples de batteurs sont fixés dans des boîtes de plomb, et portant sur des barreaux d'appui placés aux extrémités de la machine, tels qu'on les voit dans la fig. 1432. Ils sont à une distance l'un de l'autre telle, que les montants des battants de chaque couple puissent passer alternativement entre ceux de l'autre couple à mesure que les deux couples tournent en sens contraire, ce qu'ils peuvent faire sans se toucher par suite de l'inclinaison de leurs montants.

A l'une des extrémités de l'axe de chaque couple batteur on a fixé une roue dentée *d*. Ces roues sont de même diamètre; elles engrènent l'une dans l'autre, ce qui oblige les batteurs à tourner d'une vitesse égale dans des directions opposées; elles reçoivent les mouvements de rotation au moyen d'une courroie et d'une roue conductrice fixées sur l'un des axes, et afin que les batteurs en tournant ne viennent point à se toucher en passant, les deux couples sont disposés de manière que les lames de l'un soient dans la position horizontale.

Le brin, ou l'écorce du lin ou du chanvre, ayant été préalablement broyé d'après l'une des méthodes ordinaires employées dans ce but, on l'étale en rubans ou petites bandes, dont on insère l'une des extrémités entre

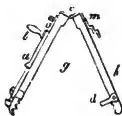
les mâchoires des crampons destinés à les tenir suspendues.

Ces crampons diffèrent beaucoup de ceux que l'on emploie ordinairement ; nous allons par conséquent en faire une description particulière avant de dire comment ils servent pendant l'opération.

Les fig. 1434 et 1435 montrent le dessin d'un de ces crampons dans deux positions différentes. *a* et *b*, sont deux planches réunies ensemble par une charnière *c*, placée dans le haut, laquelle leur permet de s'ouvrir et de se fermer.



1434.



1435.

Leurs extrémités inférieures, formant les mâchoires des crampons (des espèces de tenailles), sont entaillées en forme de dents; c'est entre ces entailles qu'on introduit les extrémités des bandes de filasse de lin ou de chanvre, lesquelles se trouvent ainsi solidement maintenues lorsqu'on serre les deux mâchoires. *d*, *d*, sont deux parties saillantes sur la planche *b*, aux extrémités desquelles sont des trous indiqués par des points ; et sur le dos de la planche *a* (voyez fig. 1434) se trouve un levier à double bras *e*, lequel tourne autour de la cheville fixe *f*, et porte deux coins circulaires *g*, *g*. Ces coins entrent dans les trous des deux pièces *d*, *d*. Lorsque les mâchoires sont rapprochées ils arc-boutent celles-ci solidement sur la partie supérieure de la planche *a* ; il y a un arc de cercle à crochet *h*, qui tourne autour du clou *i*, et qui est poussé de haut en bas par le ressort *k*. Ce crochet reçoit l'extrémité du levier *e*, et maintient par conséquent solidement les coins circulaires dans leurs trous ; par là les mâchoires des crampons sont retenues fortement serrées l'une contre l'autre, sans courir risque de s'ouvrir par les mouvements de la machine.

Lorsqu'on veut les ouvrir, on soulève le crochet *h* et on pousse de côté le levier *e* au moyen de son manche *l*, lequel fait sortir les coins circulaires *g*, *g* des trous *a*, *a*, et les planches se séparent immédiatement. Afin de pouvoir suspendre ces crampons à la machine, on a fixé un morceau de tôle *m*, recourbé à angles droits, au dos de la planche *b*, ainsi qu'on le voit dans la fig. 1435, ce qui forme une rainure au moyen de laquelle les crampons peuvent glisser dans la machine et s'y maintenir suspendus.

Lorsque ces crampons ont été garnis de filasse on les place sur la machine à espader, ainsi qu'on le voit en *e*, *e*, *e*; dans les fig. 1432 et 1433 ils portent sur le taillant la barre *f*. Les batteurs sont alors mis en mouvement, ainsi que nous l'avons déjà décrit ; les bords de leurs lames battent contre les bandes de filasse de lin ou de chanvre, qu'elles frappent alternativement de chaque côté ; elles en secouent la paille et les parties ligneuses, et les rendent propres à subir l'opération du peignage qui doit suivre.

Toute la machine est entourée de planches afin de se garantir de la poussière, et l'on peut y adapter un ventilateur pour la chasser au dehors.

Cardage des étoupes. Quel que soit le mode de peignage adopté, qu'il ait été exécuté complétement à la main, ou partie à la main et partie aux machines que nous venons d'indiquer, il y a toujours certain déchet qu'on évalue moyennement de 5 à 6 pour 100, provenant de la poussière des corps étrangers, qui constitue une perte réelle. Les 94 à 95 pour 100 du poids que livre le peignage se divisent en lin peigné, qu'on désigne sous le nom de longs brins, et en 25 à 30 pour 100 d'étoupes. Ainsi donc 100 kilogrammes de lin avant le peignage donnent après :

En longs brins de	65	à	60
Étoupes.	30	à	34
Déchet.	5	à	6
	100		100

Les étoupes sont portées à des machines à carder qui ne different de celles employées pour la laine que par les dimensions des cylindres et la grosseur des dents qui leur sont généralement supérieures, et par la forme des dents qui sont plus droites et plus disposées à produire un travail qui tient, pour ainsi dire, le milieu entre le cardage et le peignage. Pour être mieux approprié aux étoupes, qui participent des filaments discontinus par leur peu de longueur, et du lin par la direction rectiligne des fibres, on a construit, dans ces derniers temps, des cardes à étoupes ayant des dimensions extraordinaires, et disposées de façon à séparer les étoupes en quatre classes à leur sortie de la machine, afin de pouvoir les classer en autant de qualités.

Ces machines, qui commencent seulement à entrer dans la pratique, ont été décrites avec beaucoup de détails dans l'intéressante publication de M. Armengaud aîné.

A la sortie des cardes, les étoupes sont livrées sous forme de rubans, toujours comme cela se pratique, pour le cardage de la laine. Ce sont ces rubans, qui sont ensuite préparés pour le filage par les mêmes moyens, qu'on emploie pour les longs brins.

Étalage. Pour transformer le long brin en ruban, il faut avoir recours à une machine spéciale qu'on nomme *machine à étaler*.

Les figures 1436, 1437 et 1438 offrent les principes d'une machine construite dans ce but. Ici se trouvent deux rangs de peignes placés à côté l'un de l'autre. Quoique l'on n'en voie qu'un dans le plan (fig. 1439), on l'a fait ainsi, afin de laisser voir les parties de la machine qui se trouvent cachées sous l'autre peigne. On place le lin dans les guides en tôle *a*, *a*, où on l'engage une poignée après l'autre, de manière que les bouts de la deuxième poignée correspondent seulement au milieu de la première ; ce qui permet d'obtenir une épaisseur de ruban toujours uniforme. Cette manière de procéder est nécessaire, puisque, comme chacun sait, les poignées de lin peigné sont toujours épaisses vers le milieu et minces aux extrémités. Le lin étant introduit entre les rouleaux *b* et *c*, est attiré par l'effet de leur mouvement, et il est en même temps subdivisé par l'action des peignes *d*, entre les dents desquels les pinnules du rouleau *e* le passent et le font pénétrer. Arrivé aux rouleaux f^2, il est détaché des peignes par les tiges transversales, qui se soulèvent au moyen des ressorts *g*, et là il est saisi de nouveau par les rouleaux *h*, *i*, qui l'entraînent avec eux. Arrivé un peu au delà de ces rouleaux, il passe au travers d'un entonnoir *l*, afin de rapprocher les filaments les uns des autres. En avant de ces mêmes rouleaux, les rubans des deux rangs de peignes se réunissent et ne forment plus qu'un seul ruban, qui passe au travers de l'entonnoir de cuivre poli placé en ce point.

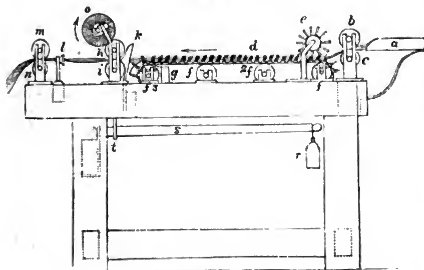
Les rouleaux *m*, n_1 étendent le ruban, en le comprimant légèrement, et le laissent ensuite tomber dans un pot de fer-blanc. La réunion des deux rubans partiels contribue à rendre le ruban total plus uniforme, puisque par là les irrégularités de l'épaisseur se trouvent compensées.

Le diamètre du rouleau *c* est égal à celui de chacun

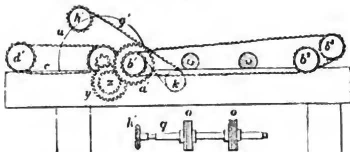
des cylindres f, f^1, f^2, f^3, et les cinq rouleaux se meuvent d'une même vitesse.

Le même rapport existe entre les rouleaux *n* et *i*. Aussi le ruban n'est étiré ni pendant son passage sur le peigne, à partir de *e*, ni dans l'intervalle qui sépare *i* de *n*; il l'est seulement en passant des peignes entre les rouleaux *i*, *h*. Dans cette machine, les dents des peignes ne sont point placées perpendiculairement; mais elles sont courbées un peu en arrière, de manière à retenir le lin avec plus de sûreté.

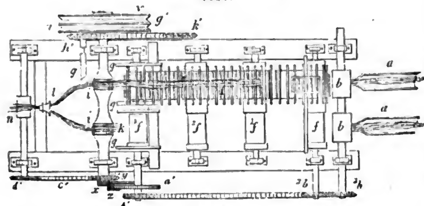
1436.



1437.



1438.

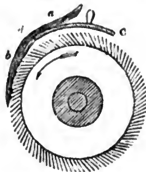


1439.

La brosse cylindrique tournante *o*, est placée audessus, et un peu en avant du rouleau de pression *h*, afin de lui enlever tous les filaments qui sont restés adhérents à sa circonférence, et de les rejeter en avant, où ils puissent être encore réunis aux rubans qui circulent. Pour apporter plus de clarté dans la description, on n'a mis ni les rouleaux *h*, ni les brosses dans la figure 1439 : mais ces dernières se voient à part dans la figure 1436 : on peut même apercevoir une portion de leur axe *q* dans la figure 1438. La pression du cylindre *h* sur le cylindre *i*, se fait au moyen du poids *r* (figure 1436), lequel est suspendu sur le levier *s*.

Le levier tire de haut en bas en *t* une ligne verticale, dont l'extrémité supérieure courbée en forme de croc enjambe l'axe de *h* au milieu de sa longueur.

Des perfectionnements apportés par M. Wordsworth à la machine destinée à préparer, à étirer, et à disposer régulièrement et parallèlement les filaments de lin et de chanvre, ceux de la laine et de toutes les autres matières fibreuses, consistent dans un nouveau mécanisme fait pour être adapté à la machine généralement connue sous le nom de Gill, et permettant de dégager la filasse, lorsque ce mécanisme a produit son effet, sans qu'elle puisse entraîner des filaments avec elle.



1440.

On verra de quelle manière on obtient ce résultat, en jetant les yeux sur les diverses figures qui représentent, sous différents aspects, une Gill perfectionnée.

La figure 1441 en donne le plan horizontal, et représente la surface supérieure de la machine; la figure 1442 en est la section longitudinale prise au milieu de l'appareil. La figure 1443 en représente la face antérieure; mais on en a retranché plusieurs parties, afin de pouvoir indiquer plus clairement le mode d'action des peignes.

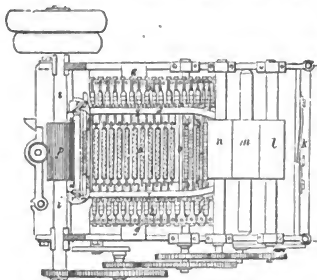
Les peignes *a*, *a*, *a*, sont formés d'une série d'aiguilles ou dents implantées dans un barreau de métal, ainsi qu'on les a représentées sur une plus grande échelle dans les figures 1444, 1445, 1446, 1447, 1448 et 1449. Chacun de ces barreaux se trouve suspendu sur un châssis ou berceau *b*, *b*, *b*, (représenté sous deux points de vue par les fig. 1446 et 1447), au moyen de deux leviers articulés *c*, *c*, qu'on a représentés dans deux différentes positions sur la figure. On voit le barreau garni de pointes, ses leviers et son châssis réunis ensemble dans les fig. 1448 et 1449.

Lorsque les peignes sont mis en action, les pointes sont soulevées, comme dans la figure 1448 ; et lorsque celles-ci doivent être retirées des filaments, elles s'abaissent et plongent dans leurs châssis, comme on le voit par la figure 1449.

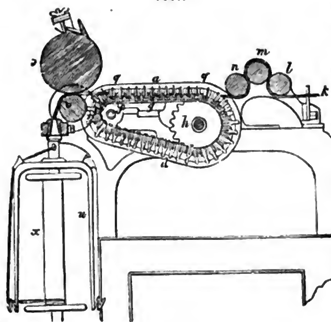
Ces deux positions des peignes sont obtenues au moyen des boutons qui font saillie, lesquels font partie des leviers articulés *c*. Ces boutons sont mis en action par la pression des bords des rails qui leur servent de guides, comme il sera expliqué lorsque nous décrirons les opérations de la machine.

On adapte l'ensemble des peignes à la machine, et on les met en état de fonctionner, en attachant les extrémités de leurs châssis respectifs *b*, aux chaînes sans

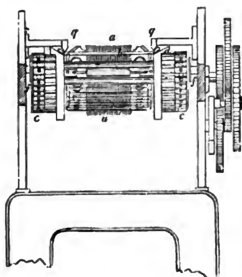
fin *e, e*, qu'on voit dans les figures 1441, 1442 et 1443. Ces chaînes sans fin passent sur les cylindres cannelés *f, f*, qui les guident, et qu'on voit mieux dans les figures 1442 et 1443; elles passent aussi sur les barres horizontales *g, g*, qu'on voit également mieux dans les figures 1441 et 1442. Les chaînes avec les peignes sont conduites à travers la machine par le mouvement de rotation des roues à éperons *h, h*, dont les dents pénètrent dans les espaces ménagés entre les parties cylindriques des châssis *b, b*, ce qui leur permet d'entraîner les peignes en avant.



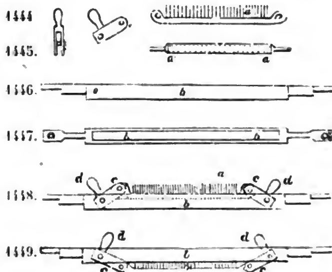
1441.



1442.



1443.



Ces roues à éperons sont à leur tour mises en mouvement par une série de roues dentées que fait tourner l'axe moteur *i*, dont tous les organes de la machine reçoivent l'impulsion.

Si l'on introduit le lin, le chanvre, la longue laine, ou les autres substances fibreuses, par l'arrière de la machine, au moyen d'une toile d'alimentation, et à travers un guide *k*, qu'on aperçoit mieux dans les figures 1441 et 1442, ces matières sont alors conduites au-dessous et au-dessus des peignes *a, a, a*, pour se rendre entre les laminoirs d'étirage *o* et *p*, et de là à l'ailette et à la bobine, ou bien dans un pot qui leur sert de récipient.

Dans le mouvement, les filaments seront étalés à mesure qu'ils avanceront, et ils seront peignés par l'action des pointes qui les pénètreront et en diviseront les fibres, par la raison que la matière fibreuse se trouve attirée avec une vitesse différente de celle des peignes.

Cette opération, qui a pour but de préparer, d'étirer et de donner une première torsion au lin et au chanvre, et la construction générale d'une machine de ce genre étant bien comprise, il devient inutile d'en expliquer les détails, excepté toutefois ceux qui ont rapport aux parties qui constituent le perfectionnement actuel.

On peut voir par les figures 1441 et 1442 qu'à mesure que les boutons *a*, qui font saillie aux leviers articulés *c*, s'avancent le long de la machine, ils appuient contre les bords extérieurs. Deux rails fixes *q, q*, qui servent de guides, lesquels sont placés le long de la partie supérieure de la machine au-dessus des peignes, et maintiennent les pointes des peignes soulevées, comme on le voit dans la fig. 1441. On voit aussi cette disposition d'une manière très distincte dans la fig. 1441, qui représente la machine vue de face, et où le barreau des peignes supérieurs *a*, se trouve soulevé dans son châssis *b* par les boutons *d, d*, qui s'appuient contre les bords extérieurs de ces rails directeurs *q, q*. Mais lorsque les chaînes sans fin *e, e*, qui supportent et conduisent les châssis des peignes, ont fait avancer les pointes de ces derniers jusqu'à une petite distance des laminoirs d'étirage (voyez fig. 1442), alors les boutons *d* des leviers articulés qui se trouvent à chaque extrémité du barreau-peigne dépassent

les extrémités des guides q, q, et se trouvent immédiatement en contact avec deux plans inclinés r, r (voyez fig. 1441 et 1442), lesquels pressent instantanément les leviers c, et forcent par là le barreau-peigne a à descendre avec ses pointes dans le châssis b, tout en retirant ces pointes des filaments de la matière soumise à leur action, et en exécutant ce mouvement de retrait dans une direction perpendiculaire.

Les peignes, qui ont été abaissés, passent avec leurs châssis au travers de la chaîne sans fin, le long de la partie inférieure de la machine ; lorsqu'ils arrivent à l'arrière de celle-ci, et aussitôt qu'ils commencent à remonter, les rails guideurs q,q, se trouvant légèrement courbés à leur origine conduisent les boutons b des leviers c jusqu'à ce que ceux-ci soient forcés de revenir dans leur position primitivement décrite ; ce qui oblige les pointes des peignes à se soulever, à mesure qu'elles arrivent à la partie supérieure de la machine pour y produire leur effet.

Lorsque la matière fibreuse a subi l'action des peignes, ainsi que celle des laminoirs d'étirage, entre lesquels elle passe, elle peut être tordue ou filée au moyen d'une bobine et d'une ailette, comme l'indique la figure 1442, ou bien on la reçoit dans un pot de fer-blanc pour être tordue ou filée par une autre machine. On substitue alors à la bobine et à la broche à ailette deux laminoirs conducteurs, qui amènent le ruban dans le pot de fer-blanc placé par-dessous.

La descente des peignes a dans leurs châssis b, produite par la chute des leviers c, c, exclut la possibilité que les filaments sur lesquels les peignes viennent d'opérer soient entraînés par les dents de ces derniers au-dessous de la machine, comme cela arrive fréquemment dans les Gill construites à la manière ordinaire.

Ce système de montage de peignes, et cette manière de faire agir sur eux les rails-guides q, q, ainsi que les plans inclinés r, r, permettent d'amener leurs pointes beaucoup plus près des laminoirs d'étirage o, p, à cause de la chute ou du retrait que font au-dessous du centre de la chaîne sans fin $e e$, les barreaux de métal, dans lesquels les pointes ou aiguilles sont implantées, sont représentés figures 1442 et 1443.

Cette disposition permet ainsi de préparer et d'étirer les diverses qualités de lin, de chanvre, de laine, et les autres matières filamenteuses, particulièrement celles dont le brin est plus court que celui des substances fibreuses, qui avaient été jusqu'alors soumises au travail de la machine ou de la Gill ordinaire.

Il y a un autre perfectionnement très ingénieux et très efficace, qui a été appliqué dans ces dernières années à la filature mécanique du lin ; c'est celui pour lequel MM. Westley et Lawron ont pris un brevet au mois d'août de 1833, et qui a été depuis mis en application avec un grand succès ; il s'adapte aussi à la Gill, employée à ouvrir, à régulariser et à séparer les filaments de lin, de chanvre et de longue laine, dans l'opération qui a pour but de les former en rubans. (Nous ne parlons ici de la laine que pour conserver le texte des brevets anglais.)

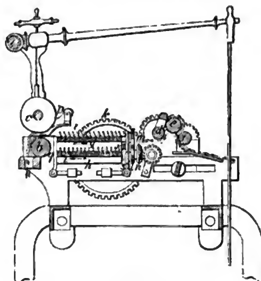
Le caractère particulier de ce perfectionnement consiste dans une méthode différente de faire marcher les barreaux-peignes à travers la machine, au moyen de vis sans fin ou de tiges avec filets en spirale, au lieu de chaînes ou de roues à éperons, comme dans la première construction.

Les barreaux de peignes qui sont placés en travers dans la machine sont, d'après le système des brevetés, soutenus à leurs extrémités par des rails-guides fixes, qui sont établis horizontalement, et sur lesquels ils glissent, tandis que les extrémités de ces mêmes barreaux s'insèrent dans les pas de l'hélice pratiquée sur les barreaux établis horizontalement sur les côtés de la machine. Il en résulte qu'en imprimant un mouvement de rotation à ces barreaux en spirale, ceux-ci entraînent les barreaux-peignes, le long des rails, d'un mouvement simultanément uniforme.

Lorsque les peignes ont rempli leur office, c'est-à-dire ont peigné et divisé les filaments de la matière soumise à leur action, à mesure que celle-ci s'avance ; et lorsqu'ils sont arrivés à la partie antérieure de la machine, ils sont abaissés et mis hors d'état d'agir au moyen de cames tournantes ; ensuite, au moyen de leviers-guides, chaque barreau-peigne, lorsqu'il est arrivé à l'extrémité du rail horizontal supérieur, est conduit par-dessous jusque sous le rail horizontal inférieur, qui font leur révolution en sens contraire des barreaux en spirale supérieurs ; ce qui fait faire aux peignes un mouvement rétrograde. Enfin, lorsque les peignes sont arrivés à l'extrémité des rails, qui correspond à l'arrière de la machine, ils se trouvent de nouveau sous l'action de cames tournantes, qui les soulèvent et les conduisent encore jusqu'à leurs rails guides horizontaux supérieurs, où leurs pas de vis s'engrènent de nouveau avec les filets des tiges en spirale ; ils sont entraînés en avant comme au commencement.

Par ce moyen, il y a une succession continuelle de peignes qui s'avancent sur les rails supérieurs, dont les pointes opèrent constamment entre les filaments de la matière textile, et qui ont une position verticale assurée pendant toute la durée de leur course.

La figure 1451 offre la représentation horizontale d'une Gill perfectionnée d'après ce dernier système ; mais quelques-unes des parties supérieures de la machine en ont été écartées, afin qu'on en pût voir les parties agissantes plus distinctement. La figure 1452 représente une Gill vue de côté, et la figure 1450 en est une section verticale prise longitudinalement. La roue conductrice ou poulie a, est fixée au cylindre antérieur b, ordinairement appelé le laminoir d'étirage, parce que, lorsqu'il est pressé par le cylindre supérieur de bois c, il entraîne les filaments entre les deux cylindres.

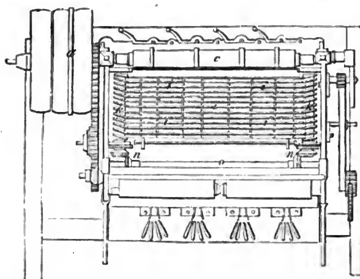


1450.

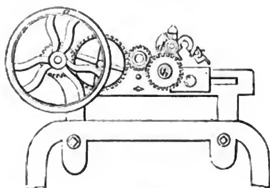
Les laminoirs d, e, f, sont les cylindres ordinaires de l'arrière ou les laminoirs de retenue, parce qu'ils retiennent, en effet, les fibres lorsque celles-ci éprouvent l'effort de traction des laminoirs b, c, contre les pointes des peignes. On voit en g (fig. 1452) le rail-guide sus-mentionné sur lequel les barreaux des peignes glissent, et l'on voit en h le rail-guide inférieur. La série des barreaux-peignes, garnis de leurs pointes, est indiquée par les lettres i, i.

Les tiges en spirale supérieure *k*, *k*, sont montées dans des goussets rendus immobiles sur les côtés du châssis; celles de dessous *l*, sont fixées de la même manière.

Ces tiges en spirale sont en communication au moyen de roues dentées *m*, et sur les axes des spirales inférieures se trouvent fixés les pignons d'angle *n*, qui engrènent dans d'autres pignons d'angle correspondants, placés sur la flèche ou l'axe de traverse *o*. Cette flèche *o*, étant en communication avec un système de roues dentées, engrène avec l'axe du cylindre d'étirage *b*, ainsi que l'indiquent les figures 1450 et 1451. Le mouvement de rotation du cylindre *b* fait marcher aussi la flèche *o*, et le système de roues d'angle *n* et *o*, fait tourner les tiges en spirale *k* et *l*, qui se meuvent réciproquement en sens contraire.



1451.



1452.

On peut voir par la figure 1451 que les extrémités des barreaux-peignes *s*, sont des mentonnets qui entrent dans les pas de la vis ou dans le filet de la tige en spirale, et qu'étant soutenus par-dessous par leurs rails guideurs, à mesure que les spirales *k*. *k*, font leur révolution, le rang supérieur des barreaux-peignes progressera vers l'avant de la machine.

En jetant les yeux sur la figure 1450, on verra qu'à mesure que chaque barreau-peigne arrive à l'extrémité antérieure du rail-guide *g*, un gros levier ou came *p*, placé sur l'axe *k*, le fait tomber sur les guides inférieurs *h*, et, afin que sa descente s'opère tout à fait verticalement, des leviers à poids *q*,*q*, placés sur le devant, viennent presser contre la face antérieure des barreaux-peignes, à mesure que celui-ci descend. Ce barreau, étant ainsi arrivé sur les rails-guides inférieurs *h*, fait entrer ses extrémités dans le pas des spirales inférieures *l*, dont le mouvement de rotation fait rétrograder le barreau-peigne, c'est-à-dire le fait revenir vers l'arrière de la machine. Lorsque le barreau-peigne est ainsi parvenu à l'extrémité postérieure du rail-guide *h*, une autre came *r*, placée sur la spirale inférieure, vient se placer au-dessous de lui et le soulever, guidé qu'il est encore ici par les leviers à poids de l'arrière *s*, ainsi que l'indique la figure 1450, jusqu'à ce qu'il ait atteint le niveau du rail guideur supérieur *g*, où les filets des spirales supérieures donnent entrée à ses extrémités, et l'entraînent en avant sur le rail guide, ainsi qu'on vient de le décrire.

C'est ainsi que le mouvement de rotation continue des spirales *k*,*k*, et *l*,*l*, fait marcher toute la série des barreaux-peignes le long des guides, et que les cames *p* et *r*, en les abaissant et en les soulevant alternativement lorsqu'elles arrivent aux extrémités des rails, font faire à ces barreaux-peignes un circuit régulier tout en leur conservant une position toujours verticale.

Le but des brevetés est d'appliquer leurs systèmes dans tous les cas où une vis sans fin ou des spirales pourront être adoptées pour conduire les barreaux garnis de dents de peignes à travers toute machine destinée à préparer, à étirer ou à tordre des fibres textiles.

Filage en gros ou dernière préparation. Lorsque les rubans formés par les machines à étaler et les machines à étirer sont arrivés à une certaine finesse, qui n'est cependant pas la limite encore qu'il faut atteindre, et qu'ils deviennent trop minces pour pouvoir continuer l'étirage sans le rompre, et trop longs pour les recevoir dans les pots, sans les mêler et causer du déchet; il faut leur imprimer un léger degré de torsion pour augmenter leur cohésion et la résistance de l'étirage, et remplacer les pots par des bobines autour desquelles ils viennent s'enrouler aussi uniformément que possible. Les métiers dits bancs à broches sont destinés à cet effet.

On voit que la nature des opérations que nous avons décrites pour le lin, depuis le peignage jusqu'ici, sont identiques à celles employées dans les mêmes conditions pour le coton; il n'y a de différence que dans les modifications apportées dans les machines.

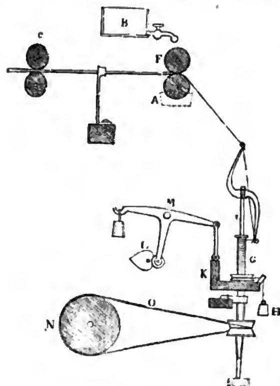
Dans le travail du coton pour la formation, l'étirage et le doublage des rubans, les cylindres seuls convenablement réunis suffisent. Pour le lin, il faut, en outre de tous les éléments usités dans les machines à coton, les additions des peignes ou Gill pour continuer l'étirage et maintenir le parallélisme des fibres entre les cylindres qui doivent être beaucoup plus écartés à cause de la plus grande longueur des brins. La présence de ces peignes ou Gill, qui constitue la véritable invention qui caractérise l'invention des machines à lin, est due également à Philippe de Girard.

La même modification des peignes va se représenter pour le banc à broches pour lequel il est indispensable d'avoir le jeu des peignes pour ne pas rompre ou déformer le ruban; on voit par conséquent que le banc à broches, ici, ne diffère absolument des machines à étirer que par la substitution des bobines et broches aux pots dans lesquels tombaient les rubans précédemment.

Le nombre de broches des bancs à broches pour le lin est bien moindre que celui des mêmes machines pour le coton, ce qui a permis de simplifier la communication de mouvement de la bobine qui est si ingénieux, mais si compliqué dans les machines à coton.

L'enroulement uniforme du ruban sur toute la hauteur de la bobine, dans les machines à lin, a lieu par un mouvement de va-et-vient imprimé par un excentrique L, par l'intermédiaire d'un levier M (fig. 1453), à une plaque *k*, sur laquelle repose la bobine qui reçoit le fil à la sortie de la broche *r*, qui le tord par son mouvement de rotation.

Le mouvement de rotation des broches leur est donné par le tambour N qui porte la corde o, qui embrasse la gorge de la petite poulie ou noix p, que porte la broche.



1453.

La bobine porte à sa base une autre petite poulie autour de laquelle est enroulée une ficelle qui porte un petit poids H, qui sert à retarder le mouvement de la bobine a mesure que son diamètre augmente par l'enroulement du ruban de façon à régulariser autant que possible le mouvement de la bobine.

Le fil se trouve doublé ici comme cela a lieu au travail des bancs à broches pour le coton (1).

Les rubans enroulés sur les bobines sont portés aux métiers qui ont pour but de finir le fil. Ces métiers ne sont plus garnis de peignes pour guider le fil; le doublage n'a plus lieu. Ces machines portent spécialement le nom de *métiers à filer*.

Les métiers à filer le lin sont aujourd'hui de deux sortes : Les *métiers à filer à sec* et les *métiers à eau chaude*.

Les premiers servent spécialement à filer les fils communs et grossiers dont la finesse ne dépasse pas le n° 25 du *titrage* des fils de lin.

Le métier à eau chaude sert aux fils qui dépassent le n° 25. Cette finesse est obtenue par l'intermédiaire de l'eau chaude.

On opérait naguère encore le filage à l'eau froide pour les numéros intermédiaires, mais on ne paraît pas avoir trouvé d'avantage par cette méthode; nous nous bornerons donc à la description des deux systèmes que nous venons d'indiquer.

Le filage, soit en gros, soit en fin, a lieu pour le lin sur des métiers qui, pour la disposition et les organes mécaniques, ont la plus grande analogie avec les métiers dits continus, employés dans certain cas pour filer le coton; la seule modification importante consiste dans l'emploi de l'eau chaude pour les fils de lins fins. Le fil passe dans une eau chauffée à une certaine température avant de s'enrouler sur la bobine

C'est encore à Philippe de Girard qu'est due la première idée de l'application de l'eau chaude pour pouvoir arriver au filage en fin.

Les causes qui ont motivé l'emploi de l'eau chaude se trouvent clairement indiquées dans la description du brevet d'invention pris par de Girard au mois de juillet 1810, et publié dans le Recueil des Brevets expirés, tom. XII, page 114. Nous ne saurions mieux faire que de laisser parler l'inventeur lui-même en donnant l'extrait suivant de la description de son brevet :

« Les brins de lin ne sont qu'un assemblage de petites fibres collées l'une contre l'autre, se recouvrant mutuellement et dont les plus longues n'ont guère que 9 à 10 centimètres de longueur, et la plupart beaucoup moins.

« La substance qui unit ces fibres peut être facilement enlevée par divers agents. L'eau pure la ramollit et la dissout avec le temps, surtout si l'air se joint à son action.

« Les lessives alcalines chaudes l'enlèvent presque constamment ; il suffit même de plonger un brin de lin dans une parcelle de lessive pour le rendre divisible presque à l'infini. Si après cette opération on le tire par ses deux extrémités, on le sépare sans effort sensible en deux parties qui glissent l'une sur l'autre avant de se séparer, et qui se terminent en pointes très effilées. En saisissant l'extrémité d'une de ces pointes et en tenant le reste du brin à 0m,10 ou 0m,12 de distance, on retire une fibre extrêmement fine, qui quelquefois peut se diviser encore de la même manière que le brin primitif. En continuant ces divisions, on obtient enfin des fibres presque imperceptibles, qu'on ne peut plus diviser qu'en les cassant, et qui opposent une résistance beaucoup plus grande qu'on ne l'avait attendue de leur ténuité. On s'aperçoit alors qu'on est arrivé aux fibres que l'on pourrait appeler *élémentaires*, et qui n'ont que de 0m,04 à 0m,06 de longueur.

« La facilité avec laquelle les parties d'un même brin glissent les unes sur les autres avant de se séparer, leur ténuité extrême, et par conséquent leur multiplicité, offrent le moyen d'étirer, d'allonger presque indéfiniment un brin sans le casser, et à plus forte raison un assemblage de brins. La forme des fibres élémentaires paraît faciliter le succès de cette opération. Leurs extrémités effilées sont propres à rendre leur jonction convenable et à être retenues dans le fil, tant par l'effet de l'entrelacement que par celui de la torsion.

« Si l'on prend un fil quelconque, pourvu qu'il ait été lessivé, qu'on en détourne un bout de 0m,10 à 0m12, qu'on essaie de le casser, il n'oppose qu'une très petite résistance ; si on le mouille, en répétant l'expérience, la résistance devient absolument nulle, ce qui prouve que celle qu'on éprouvait d'abord n'était qu'un frottement des fibres entrelacées et tortillées ; l'humidité en les rassemblant les redresse, et fait cesser cette résistance.

« Telle est la base sur laquelle repose le nouveau procédé. »

On voit toute la théorie sur laquelle le premier inventeur avait basé ses procédés, qu'il exécuta en conséquence, comme il est facile de s'en convaincre, par les plans joints au même brevet. Depuis lors la filature fine du lin s'est constamment faite à la décomposition par l'emploi de l'eau chaude, mais la dépense de ce mode de filage, les inconvénients qu'il entraîne naturellement en ont fait limiter l'emploi aux numéros élevés.

Le filage à sec s'est maintenu pour les numéros ordinaires.

Mais il est facile de se convaincre que ni l'un ni l'autre de ces deux modes de filage n'est arrivé à la perfection.

Le filage en gros qui a lieu sur un ruban qui n'est plus soutenu par les peignes, ni agglutiné par l'eau chaude, se file irrégulièrement, parce que l'étirage se

(1) Lorsqu'on a besoin de bancs à broches avec un plus grand nombre de broches, on emploie les bancs à broches à mouvement différentiel décrits pour le coton.

fait sur une distance trop éloignée sans être maintenue; comme les filaments ne sont qu'enchevêtrés, ils se séparent facilement aux points les moins soutenus, et par conséquent à ceux qui s'écartent le plus des points d'appui ou cylindres étireurs; aussi les produits fournis par ces métiers sont-ils très imparfaits et loin de pouvoir rivaliser pour la force et la régularité avec les fils produits à la main.

Quant aux fils produits par l'eau chaude, ils ont, il est vrai, un aspect plus régulier que ceux filés au rouet, mais ils sont en réalité moins résistants, et l'on n'est d'ailleurs parvenu encore à pousser leur finesse très loin; tous les fils extra fins pour la belle batiste et les dentelles se filent encore à la main et conservent un aspect brillant qu'il a été impossible jusqu'ici d'obtenir pour les fils à la mécanique.

Ces raisons d'imperfection du filage du lin par les machines qui ne sont pas controversées a donné lieu à de nombreuses recherches et à bien des tentatives pour améliorer les procédés en usage; elles ont presque toutes échoué. Jusqu'ici une seule cependant vient de prendre naissance et paraît être appelée à un long et brillant avenir, nous voulons parler de l'importante modification apportée au filage à sec par MM. Decoster frères.

Avant d'en faire la description, nous croyons devoir dire quelques mots des tentatives qui ont été faites en Angleterre, en 1835, par MM. Hope et Dew Hurt, dans le but d'améliorer le filage. Leurs moyens étaient à la fois de nature chimique et mécanique. Le moyen chimique consiste à faire séjourner le lin dans une dissolution d'acide sulfurique d'une certaine force et pendant un certain temps proportionné à la qualité de matière fibreuse ; le lin le plus grossier exige une action plus intense.

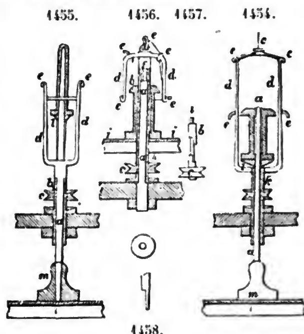
La matière gommeuse et l'écorce extérieure du lin se trouvent dissous par ce moyen, et se détachent facilement. On doit ensuite faire passer le lin entre des cylindres de compression, le rincer avec soin, et le faire bouillir dans une dissolution de savon et d'eau pendant quelques heures, et finalement le faire passer de nouveau entre les cylindres. On doit répéter ces opérations jusqu'à ce que le lin ait acquis le lustre qu'on désire, et que les fibres se soient séparées les unes des autres. Ensuite on le bat et on le passe une fois ou deux sur un peigne ordinaire ou sur une brosse rude.

La deuxième partie du procédé des inventeurs ou leur moyen mécanique est représenté par les fig. 1454 à 1458. La fig 1454 offre une section en élévation d'une partie de la construction de la broche, de la bobine et des ailettes proposées pour filer toute sorte de lin ou de chanvre. La fig. 1455 représente l'instrument destiné à filer les tors les plus grossiers ; la fig. 1456 montre comment on doit filer les fils de trame et comment ils doivent être enroulés sur ce qu'on appelle une bobine à canettes.

a a, est la broche ou axe fixe de la throstle ou métier continu ordinaire, laquelle est entourée du tube *b b*, et fixée à la poulie *c*, par laquelle l'ailette *d* est entraînée ; l'ailette est aussi munie d'une petite tige centrale qui la supporte, et qui circule dans un petit creux pratiqué au sommet de la broche stationnaire *a* ; elle se trouve fixée avec l'ailette au tube *bb*, lequel est entraîné avec tous ses accessoires par le mouvement de rotation que lui imprime la poulie *c*.

On peut voir par la fig. 1458 que la poulie *e* et le tube *b* s'adaptent ensemble vers leurs bases au moyen de deux demi-emmanchements ; c'est afin de pouvoir faire glisser de bas en haut le tube *b* sur la broche et de pouvoir enlever plus promptement la bobine lorsqu'elle est chargée de fil, sans avoir besoin d'arrêter toute la broche, de retirer le fil de la poulie *e*, dont le tube tourne dans le trou ou godet *h* fixé sur la traverse d'appui près de la base du métier continu. Le passage de la bobine par le haut s'effectue exactement de la même manière que dans les continus ordinaires, c'est-à-dire en soulevant et en abaissant le barreau *i* qui, dans ce cas, supporte la bobine. Dans la fig. 1454 l'ailette est construite de manière à avoir deux fois la longueur de la bobine, afin de permettre à celle-ci de s'élever et de retomber librement dans l'intervalle qu'elle lui offre; elle est retenue au sommet par une mince traverse, afin d'empêcher que les bras de l'ailette ne s'écartent par l'effet de la force centrifuge, lorsqu'elle tourne avec une grande vitesse. L'ailette des broches destinées à filer les gros numéros exige qu'il y ait un tube extérieur *k* pour soutenir la broche.

Les bobines s'appuient sur une rondelle *l l*. La broche est disposée de manière à pouvoir tourner légèrement sur elle-même par le frottement du poids *m m* ; on a



pratiqué dans ce poids un trou ayant un de ses côtés aplatis, ainsi qu'on le voit dans la fig. 1458.

Une autre modification avait été proposée par M. Somes Koy de Preston; elle consistait dans la macération de la mèche dans l'eau chaude avant le filage; les fonds des pots qui recevaient les rubans étaient adaptés à des boîtes percées comme des passoires ; ces boîtes plongeaient dans les baquets d'eau chaude ; à mesure que les rubans arrivaient des cylindres laminoirs, ils tombaient dans des boîtes où ils étaient tassés par une espèce de piston ou plongeur analogue à ceux employés pour le coton dans certaines filatures anglaises.

Ces procédés n'ont jamais été employés en France, et nous ne pensons pas qu'on leur ait donné suite en Angleterre.

En résumé, nous donnons dans les fig. 1459, 1460 et 1461, les trois systèmes de métiers en présence aujourd'hui dans la filature du lin et du chanvre.

La fig. 1459 représente une coupe verticale des éléments qui constituent le métier à filer à sec.

La fig. 1460, une coupe semblable du métier à eau chaude.

La fig. 1461 donne une coupe verticale aussi du nouveau métier Decoster.

Les fig. 1467 et 1468 sont, la première, une vue de côté, et la seconde une vue de face de ce nouveau métier.

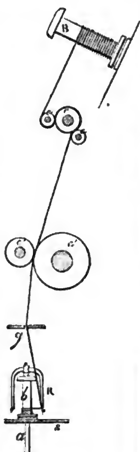
Si nous examinons et comparons les fig. 1459 et 1460, qui donnent les deux systèmes encore généralement employés, nous remarquons que tous deux possèdent une

bobine B, contenant la mèche de préparation provenant des bancs à broches, le système de cylindre c, c, et c', c', où la mèche se rend pour être étirée entre c et c', à la sortie duquel elle est tordue par les broches R, puis enfin envidée autour du fût ou bobine b.

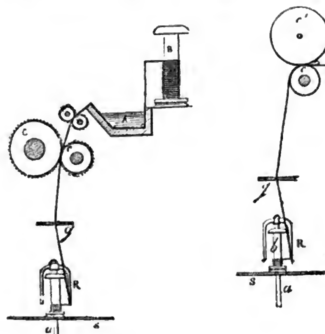
Nous n'avons pas à répéter comment le mouvement est imprimé à ces différentes parties, en ayant parlé précédemment.

Il n'y a de différence entre les deux systèmes que nous venons de décrire succinctement, que dans la présence de l'auge à eau chaude A, qui se trouve dans le métier à filer en fin et dont le métier en gros est privé, et dans l'écartement entre les cylindres c et c'; on voit qu'il y a un bien plus grand écartement pour le métier à filer à sec que pour le métier à eau chaude.

Cette différence est indispensable; on le comprendra, en se rappelant que cette distance entre les cylindres délivreurs et étireurs doit toujours être réglée suivant la longueur sensible des filaments de la matière à étirer; la raison de la nécessité de conserver ces rapports entre



1459.



1460.

1461.

la distance des cylindres et la longueur de la matière première est évidente.

Un ruban ou une mèche de préparation n'est que le résultat d'une quantité innombrable de filaments élémentaires, réunis par des glissements successifs et condensés par la pression entre les cylindres que nous venons de décrire, or si la distance entre ces cylindres était sensiblement moindre que la longueur primitive des fibres, il s'ensuivrait que l'étirage se ferait sur ces fibres déjà suffisamment redressées, et ne pourrait s'opérer que par un allongement forcé de la matière elle-même, ce qui l'affaiblirait nécessairement ou la romprait. Si au contraire le rapport entre l'écartement des cylindres et la longueur des filaments de la matière première est suffisante, l'étirage s'opère par un simple glissement entre eux, tout en évitant les inconvénients dont nous venons de parler.

La conséquence de ces considérations a été, pour le filage à sec, l'écartement considérable qu'on remarque entre les cylindres étireurs dans la fig. 1459; mais cette disposition, en faisant en effet éviter ces inconvénients que nous venons de signaler, n'avait pas pu jusqu'ici mettre à l'abri de ceux que nous allons signaler.

Si l'on considère le ruban ou la mèche lorsqu'elle arrive au métier à filer, on remarque que quelque bien qu'elle soit préparée, elle n'est pas encore parfaitement homogène, il existe immanquablement des parties plus ou moins régulières, et plus ou moins disposées à résister ou à se prêter au glissement des fibres, et par conséquent à l'étirage, ce qui est une première cause d'irrégularité; à celle-ci vient s'ajouter celle de la plus grande force qu'il faut employer pour étirer sur une plus grande longueur, qui n'est pas soutenue et n'est qu'imparfaitement homogène. La force étirante ne se transmet pas alors intégralement en tous les points de la masse, et sur tout le trajet que parcourt le ruban, et il en résulte forcément des inégalités dans l'étirage qui donne pour résultat final un fil irrégulier.

Les inconvénients que nous venons de signaler ont toujours été l'écueil de la filature du lin; ils sont tellement sérieux, qu'il a été impossible jusqu'ici de produire des fils au-delà du n° 25 par le système du filage à sec. C'est pour pouvoir pousser la finesse du fil au-delà de ces limites, que De Girard, le premier, eut l'idée de l'emploi de l'eau chaude, afin d'arriver à désagréger les fibres qu'on considérait comme élémentaires, et qui ne sont elles-mêmes qu'une réunion de fibres plus petites, naturellement agglutinées entre elles par une matière que l'eau détruit; mais il paraît que l'on ne peut atteindre ces fibrilles rudimentaires qu'au détriment de leur force, car les fils fins produits de cette façon sont généralement moins solides et moins brillants que ceux produits par le filage ordinaire. On voit donc que ni l'un ni l'autre des deux procédés usités n'est à l'abri des reproches,

et que nous avions raison de dire que dans l'état actuel des choses, la filature du lin à la mécanique ne paraissait pas être complétement dans le vrai. Ce qui nous fortifie surtout dans cette pensée, c'est de voir que les plus beaux fils de lin, comme les plus solides, sont produits par la modeste fileuse au rouet, sans autre secours qu'un peu d'eau fraîche lorsqu'elle ne se borne pas à la salive.

Voici maintenant le système proposé depuis quelque temps par M. Decoster, et dont nous avons vu des produits aussi remarquables par la solidité que par la régularité.

Un coup d'œil sur la fig. 1461, qui représente une coupe verticale de sa machine, nous persuadera promptement que cette machine ne possède aucun élément que nous ne connaissions parfaitement déjà.

Tout le mérite de ce système consiste donc dans son heureuse application. On voit en effet que cette machine possède les cylindres étireurs et la broche que possèdent les systèmes décrits. Toute la modification consiste dans l'établissement des peignes ou Gills *l*, *l*, fig. 1462 et 1463, entre les cylindres délivreurs ou étireurs, pour maintenir régulièrement et parallèlement toutes les fibres de la mèche pendant son trajet entre les points d'étirage : leur distance peut être considérée comme ne

1462.







1463.



1464.



1465. 1466.

dépassant pas celle entre deux peignes successifs. Le résultat immédiat de cette modification a permis de supprimer la préparation au banc à broche, et de soumettre de suite au filage les rubans provenant des têtes d'étirage. Outre les avantages de la perfection du fil, il doit donc aussi y avoir économie de force motrice par la substitution de cette méthode aux précédentes.

Les fig. 1467 et 1468, qui représentent le métier de face et de côté, démontrent que la forme générale et l'emplacement exigé ne présentent rien de particulier.

M. Decoster ne produit jusqu'ici que des métiers pour la filature ordinaire et commune. Par ce nouveau système serait-il impossible d'en tirer davantage ? Nous ne le pensons pas. Il est probable que M. Decoster y apportera de nouvelles modifications, tant dans le but d'arriver à filer des numéros plus élevés, que pour pouvoir établir l'assortiment au meilleur marché possible.

Nous laissons aux personnes compétentes et intéressées dans la question, le soin de s'édifier par elles-mêmes des avantages de ce perfectionnement en examinant les machines et les résultats, comme nous l'avons fait chez l'inventeur, dont l'obligeance est au-dessus de l'éloge que nous pourrions lui donner.

Nous croyons devoir, avant de terminer cet article, ajouter quelques données pratiques sur la composition du mobilier industriel d'une filature mécanique de lin, cette spécialité étant nouvelle encore, et les renseignements de ce genre moins répandus que s'il s'agissait d'une industrie de vieille date.

Une fois que l'on a déterminé la localité et l'emplacement où doit se trouver l'usine, ainsi que son importance, d'après des considérations basées sur la production de la matière première, sur les calculs des frais a faire, sur la facilité des débouchés et la certitude d'obtenir une population ouvrière convenable, toutes questions dont la solution est indispensable pour un établissement de nature quelconque; il faut alors s'occuper de la composition de l'assortiment des machines. Cette composition dépend nécessairement du genre et des quantités de produits que l'on se propose de fabriquer. On sait que jusqu'ici pour la filature du lin il y a d'abord deux distinctions tranchées à établir dans les méthodes du filage, suivant que ce travail doit avoir lieu pour du fil ne dépassant pas une finesse du n° 15 anglais, ou 9,000 mètres au kilogr., et pour les finesses dépassant ce titre. Dans le premier cas, le filage se fait avec des machines qui filent sans le secours de l'eau.

Dans le second cas on file à l'eau chaude.

Le nombre des machines nécessaires a filer la même quantité de matière, dans les deux cas sera différent.

Le filage à sec, ne produisant que des fils ordinaires, peut travailler considérablement plus que le filage à décomposition, qui atteint une finesse plus grande et nécessite une force plus considérable.

Pour donner de suite une idée des résultats du travail à sec et à l'eau chaude, disons qu'on compte généralement que la force d'un cheval mécanique de 75 kilogrammètres, peut faire marcher moyennement de 80 à 90 broches avec tous les accessoires et machines à préparer, et lorsque le peignage se fait totalement à la main, au lieu de se faire en partie mécaniquement comme nous le supposons, on peut compter 100 broches par force de cheval.

Ces 100 broches fileront une quantité très variable de chanvre ou de lin, suivant la longueur des fils qu'elles devront produire par kilogramme.

Voici quelques nombres principaux sur ces variations.

Pour du fil mécanique du n° 6 (1) anglais, 100 broches pourront produire :

Par jour de 12 heures, en défalquant les heures d'arrêt.	90 kilogrammes.
Pour des fils, n° 12. . . .	48
— n° 16. . .	34
— n° 30. .	20
— n° 60. .	10

Ce tableau démontre combien il est nécessaire d'être fixé au préalable sur le genre de fil à produire.

Mais il arrive très rarement qu'une usine n'ait qu'une seule qualité de fil à produire. Les établissements étant montés généralement pour filer les lins qu'offre le com-

(1) On sait que les numéros anglais indiquent la quantité d'écheveaux de 300 yards qui entre dans une livre :

Le yard = 0m,914.
La livre = 0k,373.

merce, et qui ne sont que grossièrement peignés, quelquefois seulement les matières sont achetées complétement préparées par le peignage.

Dans l'un ou l'autre cas, la masse de la matière filamenteuse présente assez de choix pour en tirer des fibres de différents degrés de finesse. Cela arrive surtout lorsqu'on doit faire subir un peignage à la fabrique; car alors les brins courts ou étoupes sont destinés à des fils communs.

Il faut donc, dans une manufacture convenablement établie, disposer les machines de manière à pouvoir produire au besoin tous, ou à peu près tous les numéros que réclament les affaires courantes.

L'ensemble de la collection de ces machines est ce qu'on nomme un *assortiment*.

La détermination des appareils composant un assortiment peut, suivant les circonstances, présenter également quelques légères variations, surtout pour ce qui concerne les machines à étirer, suivant qu'on étire et on double plus ou moins ; mais nous croyons que la composition suivante sera convenable dans la plupart des cas.

Composition d'un assortiment complet pour peigner le long brin, pour carder les étoupes qui en résultent et les transformer en fil.

Une machine à peigner du système de Girard ;

Une table à étaler pour deux rubans, système à vis ;

Premier étirage, à deux têtes, à deux rubans, système à vis ;

Deuxième étirage, à vis, à deux têtes, à deux rubans par tête ;

Un banc à broches, à mouvement différentiel de 30 broches ;

Un métier à filer pouvant travailler du n° 16 à 30, de 140 broches ;

Deux métiers à filer pouvant travailler du n° 30 à 60, de 154 broches ;

Deux dévidoirs pouvant travailler du n° 30 à 60, de 70 broches ;

Une presse à faire les paquets.

Machines pour la filature des étoupes.

Une carde de $1^m.66$ sur 2^m, avec 9 débourreurs, 8 travailleurs et 3 cylindres peigneurs ;

Premier étirage, à vis, à deux têtes et deux rubans ;

Deuxième étirage, à vis, à deux têtes et deux rubans par tête ;

Un banc à broches, à mouvement différentiel de 30 broches ;

Un métier à filer pouvant donner du n° 6 au n° 12, de 128 broches ;

Un dévidoir de 60 broches.

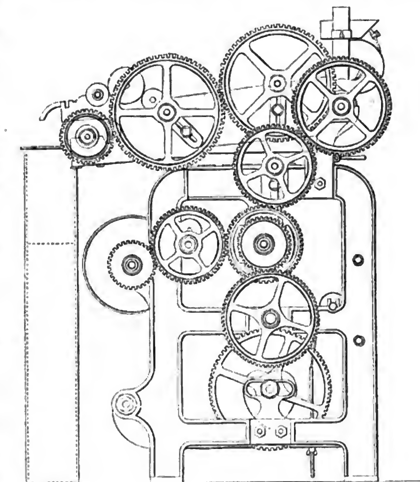
Le personnel d'ouvriers qu'exige chaque assortiment peut être évalué à 3 hommes et 20 enfants.

Connaissant, d'après ce qui a été dit précédemment, le rendement moyen de la matière brute, en filaments à longs brins et en étoupes, sachant, d'après ce tableau, ce qu'une broche peut filer pour une finesse déterminée, il sera facile de déterminer le nombre d'assortiments dont on aura besoin pour arriver à un résultat demandé.

Quant à l'emplacement des machines dans les différents ateliers, il est nécessairement subordonné à l'importance de l'usine : il y a cependant quelques règles fixes à observer dans tous les cas.

Il faut, comme dans toute filature de matières textiles, que les métiers soient coordonnés, de façon à ce que le travail se fasse d'une manière continue, avec le moins d'interruption et de manipulation possibles. Cela est convenable non seulement pour éviter des pertes de temps inutiles, mais aussi afin d'éviter de trop manier la matière et les rubans qui pourraient se déformer.

Il faut, en outre, que l'agencement soit tel que la surveillance soit facile, et la commande des mouvements disposée de manière à présenter le moins de frottement et le plus de régularité possibles.



1467.

On peut diviser l'ensemble de l'établissement en trois parties. La première, comprenant les ateliers du peignage et du cardage qui doivent être disposés suivant que le travail du peignage s'exécute à la main ou à la mécanique.

La seconde renfermant toutes les machines à préparer, telles que tables à étaler et têtes d'étirages ; les différents métiers à filer doivent comprendre la troisième. Il faut réserver à chaque partie un cabinet de surveillance pour le contre-maître. Il faut de plus, à la suite des métiers à filer, ménager un emplacement pour le dévidage. Comme les métiers à filer ont besoin de recevoir des tuyaux de vapeur pour chauffer l'eau, on les place assez généralement au rez-de-chaussée, et le service est coordonné de manière à se faire régulièrement de haut en bas des ateliers. On conçoit cependant que l'on ne peut rien indiquer d'absolu dans ces distributions qui dépendent réellement des conditions par-

ticulières où l'on se trouve ; il faut, dans chaque cas, faire une étude préparatoire convenable de tous les éléments à prendre en considération dans ce genre de combinaison.

Nous avons dit, en commençant cet article, que l'ancienne méthode de filature au rouet était sérieusement menacée par la filature mécanique. Ce fait pourrait paraître inexact, si l'on ne comparait que le nombre de broches mécaniques qui existent en France à la production des fils à la main.

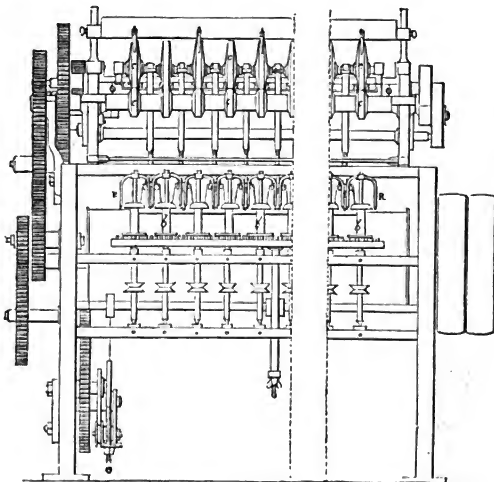
Mais il devient incontestable, si l'on prend en considération le développement progressif de notre filature mécanique, et surtout l'état de cette industrie à l'étranger, qui est tel qu'elle peut lutter avec nos grands établissements, et, à plus forte raison, porter un grand préjudice au travail isolé des ouvriers de nos campagnes. Quelques chiffres statistiques vont prouver ce fait.

Il résulte d'un intéressant travail de M. Charles Schlumberger, publié dans le rapport du jury sur la dernière exposition, que le nombre de broches mécaniques en France a plus que doublé depuis 1839 ; qu'on en compte aujourd'hui 120,000 réparties ainsi qu'il suit :

44 filatures dans les départements du Nord réunissant.	96,650 broches.
3 filatures dans les départements de l'Est, réunissant.	4,500 —
3 filatures dans les départements du Midi, réunissant.	1,000 —
5 filatures dans les départements de l'Ouest, réunissant.	9,250 —
3 filatures dans les départements du Centre, réunissant.	5,600 —

Les chiffres statistiques indiquent d'un autre côté que nous cultivons annuellement :

158,300 hectares ensemencés en chanvre, qui donnent.		65,315,000k
90,200 hectares ensemencés en lin, qui donnent.		34,820,000k
Nous avons importé. . . . . Chanvre	8,600,000	
Lin	3,840,000	
	12,440,000	
Dont il faut déduire pour exportation.	1,000,000	
Reste. . .		11,440,000k
Ensemble. . .		111,575,000k
On admet que la marine, la navigation intérieure et différents autres usages, emploient à peu près.		40,000,000k
Reste à mettre en œuvre. . .		71,575,000k
Dont on peut déduire environ 2 p. °/. pour déchet de peignage et autres. Resterait donc à transformer en fil de long brin et d'étoupe.		57,260,000k
Nos filatures mécaniques, avec leurs 120,000 broches, produisent au minimum, en chanvre, lin et étoupes, environ.		6,000,000k
Le surplus doit être filé à la main. . .		51,260,000k
Et nous importons, en 1843 : En fils divers. . .	7,629,900	
En toile.	2,766,000	10,395,900k
Consommation. . . .		67,655,900k



1468.

Nos filatures mécaniques ne produisent donc encore que la onzième partie de notre consommation.

Il est intéressant de voir comment ont varié les importations des fils et toiles depuis quelques années et de connaître les sources de leur provenance, que vont nous indiquer les tableaux suivants :

FILS DIVERS.

Importations avec distinction des principaux pays de provenance.

Commerce spécial.

Pays de provenance.	1840.	1841.	1842.	1843.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Angleterre.	6,164,068	9,149,341	10,696,236	6,490,060
Belgique. .	587,505	646,001	545,774	1,079,550
Autres pays.	93,850	122,460	68,708	60,380
Totaux	6,845,423	9,917,802	11,310,718	7,629,990

TOILES.

Toiles unies, écrues, blanches, mi-blanches, teintes et imprimées.

Années.	Angleterre	Belgique.	Association allemande.	Autres pays.	Totaux.
	kil.	kil	kil.	kil.	kil.
1840.	913,093	2,313,934	119,313	187,610	3,763,354
1841.	1,630,682	3,184,126	118,945	145,952	4,679,705
1842.	1,822,257	2,313,696	100,582	129,977	4,496,212
1843.	349,131	2,083,365	53,583	48,338	2,766,000

On voit par la diminution des importations dans ces dernières années que la protection accordée par le gouvernement n'a pas été inefficace. Le chiffre de ces importations, surtout en fils anglais et en toile belge, est encore considérable. Ce chiffre paraîtra d'autant plus élevé que nul pays n'est en meilleure position que le nôtre pour la production de la matière première, et que nous sommes évidemment dans une situation plus favorable que l'Angleterre sous ce rapport, et cependant nos voisins d'outre-mer possèdent déjà plus d'un million de broches mécaniques, lorsque nous sommes à peine au dixième. Nous savons qu'on ne manquera pas de faire valoir le bas prix de la force motrice anglaise ; mais n'avons-nous pas encore une quantité considérable de chutes d'eau improductives dans les pays les plus convenablement situés, dont l'esprit d'association devrait s'emparer sans perte de temps; il réaliserait ainsi des bénéfices mérités que le régime protecteur actuel leur assure, fournirait un travail assuré à nos ouvriers de campagne que la concurrence étrangère atteint directement, appellerait en même temps notre agriculture à participer aux bénéfices que présente une valeur d'une quarantaine de millions au moins que nous payons encore chaque année de gaieté de cœur à la concurrence étrangère.

MICHEL ALCAN.

LITHOGRAPHIE. C'est à proprement parler l'art d'écrire, de dessiner, de graver sur une pierre quelconque ; mais on a donné plus particulièrement ce nom à l'art d'imprimer, à l'aide d'un nouveau procédé, inventé par Senefelder, Bavarois, vers l'année 1799, les dessins et les écritures tracés avec un corps gras sur une pierre calcaire appelée, pour cette raison, *pierre lithographique*.

Voici la manière générale d'opérer :

1° On prend une pierre calcaire d'une pâte fine et uniforme, et dont les deux faces opposées sont parfaitement planes. L'une des deux surfaces est brute, et l'autre est unie avec une pierre ponce, sans être polie ; on écrit sur la surface unie à l'aide d'une plume d'acier trempé, avec une encre grasse, liquide et miscible à l'eau (voyez ENCRE *lithographique*).

2° Pour dessiner, on forme sur la surface de la pierre des cavités *ou grains* réguliers avec du sable fin, que l'on écrase avec une seconde pierre que l'on frotte dessus et l'on dessine sur la surface grenée avec un crayon gras.

3° Lorsque l'écriture ou le dessin au crayon est terminé, on en fixe l'empreinte par un lavage superficiel à l'eau de gomme rendue acide par une petite quantité d'acide nitrique ou d'acide hydrochlorique, ou d'un sel neutre soluble tel que le nitrate ou l'hydrochlorate de chaux, etc. Le lavage a pour effet, comme nous l'expliquerons plus loin, de rendre le dessin insoluble, de pénétrer la portion non dessinée de la pierre et de la rendre incapable de recevoir et de retenir facilement les corps gras, mais susceptible, au contraire, de retenir l'eau.

4° *Pour imprimer*, on place la pierre dans une espèce de caisse appelée *chariot*, où elle est maintenue solidement à l'aide de vis en fer ou de coins en bois ; on la mouille avec de l'eau propre et on enlève ensuite l'écriture, faite à l'encre grasse, avec de l'essence de térébenthine.

5° On humecte de nouveau et très légèrement toute la surface de la pierre avec une éponge fine et de l'eau propre qui est imbibée et retenue sur la portion de la pierre qui n'a pas reçu de dessin.

6° On étend aussitôt avec un rouleau élastique, recouvert d'un manchon en cuir, de l'encre ordinaire d'imprimerie (voyez ENCRE *d'imprimerie lithographique*), qui ne se fixe point sur la partie humide et qui s'attache seulement sur le dessin qui a été tracé à l'encre ou au crayon gras.

7° L'encre d'imprimerie étant ainsi distribuée convenablement et proprement sur tout le dessin, on place une feuille de papier blanc un peu humide sur la surface de la pierre.

8° On recouvre cette feuille d'une seconde, dite de *maculature*, et on pose dessus un *châssis en fer* garni d'un cuir fort qui est bien tendu sur les deux côtés opposés et parallèles.

9° On soumet la pierre, ainsi disposée, à la pression d'un rouleau ou d'un *rateau en bois* qui agit perpendiculairement sur la surface ; la pierre glisse et frotte sous ce rateau, lorsqu'on imprime le mouvement rectiligne au chariot.

10° Enfin, on enlève la feuille de papier qui a *happé* le corps gras qui offre ainsi la reproduction identique du sujet tracé sur la pierre.

Senefelder avoue (voir son *Traité de l'Art de la Lithographie*, pages 8 et 12) qu'il n'est pas l'inventeur de la gravure sur pierre, ni le premier qui en ait fait usage pour imprimer ; que c'est seulement la manière de s'en servir qui rend la découverte nouvelle.

Il dit lui-même : « Il y avait déjà des siècles qu'on gravait à l'eau forte sur pierre ; et ce ne fut que lorsque j'eus imaginé, en 1799, de passer de la méthode creuse à la méthode en relief, et de me servir de mon encre nouvelle, que je pus me considérer comme inventeur d'un art nouveau qui me décida à abandonner tous mes autres essais pour ne m'occuper que de lui. »

Engelman nous apprend, en effet, dans son *Traité com-*

plet de la Lithographie, 1842 : « qu'il existe à Munich, au Musée de l'Ecole gratuite de dessin, un astrolabe fait par ce procédé, et qui date de 1580. On voit dans le cabinet royal des antiquités à Munich une grande table ronde, faite d'une pierre de Solenhofen, sur laquelle sont représentés en relief les portraits des anciens ducs de Bavière, avec plusieurs inscriptions, et une chanson accompagnée de notes. Enfin, en dehors de l'église de Notre-Dame de la même capitale, on voit une pierre sépulcrale, portant la date de 1709, et présentant différents caractères en relief. Il suffit, dit-il, de la plus simple inspection pour se convaincre que toutes ces pierres ont été gravées par le moyen des acides. C'est par le même procédé qu'on parvient à graver sur une coquille d'œuf, dont les éléments chimiques sont les mêmes que ceux des pierres lithographiques : écrivez sur une coquille d'œuf avec du suif fondu, laissez figer le suif, plongez l'œuf dans un acide faible, du vinaigre par exemple. Cette expérience que chacun peut répéter se trouve décrite dans des ouvrages fort anciens.

Mais il est une chose importante pour l'histoire de l'art de la gravure sur pierre, que les lithographes ignorent peut-être, et qu'aucun auteur n'a publiée encore, c'est que Dufay, Français, membre de l'Académie des sciences, a publié, le premier, un procédé rationnel et facile pour graver le marbre et autres pierres, à l'aide d'un acide (voir les *Mémoires de l'Academie des Sciences*, année 1728, page 64).

Au reste, nous donnons ici la copie textuelle du moyen décrit par Dufay lui-même :

Gravure en relief sur le marbre et plusieurs autres pierres, par Dufay.

« Il faut tracer sur le marbre avec un crayon le dessin que l'on veut mettre en relief, et couvrir délicatement, avec un pinceau, du vernis suivant les endroits qu'on veut épargner. Ce vernis n'est autre chose que de la gomme laque dissoute dans l'esprit de vin et mêlée avec du noir de fumée ou du vermillon, pour reconnaître plus facilement les endroits où on en a mis. Pour rendre l'opération plus simple, il n'y a qu'à pulvériser un morceau de cire d'Espagne et la faire dissoudre dans une quantité suffisante d'esprit de vin ; ce vernis sera sec en moins de deux heures.

« De tous les dissolvants que j'ai essayés, celui qui m'a paru le meilleur est un mélange de parties égales d'esprit de sel et de vinaigre distillé ; il ne diminue en rien l'éclat du marbre et le dissout très également.

« Le vernis étant bien sec, on versera de cette liqueur sur le marbre ; lorsqu'elle y aura demeuré quelque temps et qu'elle aura entièrement cessé de fermenter, on pourra y en remettre de nouvelle, et la laisser agir jusqu'à ce que le fond soit suffisamment creusé. S'il y a dans le dessin des traits délicats, comme des feuillages, on ne les tracera pas d'abord sur le vernis ; mais lorsque le fond sera creusé à peu près de moitié de ce qu'il doit l'être, on ôtera le dissolvant, on lavera bien le marbre, et avec la pointe d'une aiguille on enlèvera le vernis à l'endroit de ces traits délicats, on remettra ensuite de nouveau dissolvant, et on le laissera autant qu'on le jugera à propos ; cette précaution est nécessaire, parce que lorsque l'acide a agi dans les endroits découverts, il ronge par-dessous le vernis et élargit les traits à mesure qu'il les approfondit ; cet inconvénient demande aussi qu'on fasse les parties qui doivent être épargnées un peu plus fortes, afin que cette action latérale de l'acide les mette au point où elles doivent être. Au reste, cette opération ne demande ni beaucoup de soin ni beaucoup d'expérience, et les ouvriers les moins intelligents pourront facilement en venir à bout. Lorsque l'ouvrage sera entièrement fini, on enlèvera le vernis avec un peu d'esprit de vin, et comme les fonds seraient trop longs à polir, on pourra les pointiller avec des couleurs ordinaires délayées dans le vernis de gomme laque, de la même manière que l'étaient les ouvrages de cette espèce qui ont paru depuis quelques années.

« J'ai fait aussi diverses expériences de l'effet des acides sur plusieurs autres pierres ; il y en a quelques-unes auxquelles on donne le nom de pierres précieuses, qui se dissolvent dans l'esprit de nitre. »

Au résumé, si Senefelder n'a pas inventé réellement le mode de dessiner sur pierre avec une encre liquide, et de graver le dessin en relief à l'aide des acides, il doit être considéré, avec raison, comme le premier et le seul inventeur de l'impression lithographique, proprement dite ; méthode qui est fondée, comme nous l'avons dit, sur un jeu d'affinités chimiques, et d'attractions moléculaires, dont personne, avant lui, n'avait remarqué l'influence et l'application.

4° DES PIERRES LITHOGRAPHIQUES. — On emploie, communément en France, deux espèces de pierres, que l'on désigne principalement par le nom du pays d'où elles proviennent. Ainsi, on distingue les pierres d'Allemagne ou de Munich, et celles de France, qui sont également formées de carbonate de chaux. Parmi ces dernières, la pierre de Châteauroux est la seule employée, et pour l'écriture seulement.

Pour faire des dessins au crayon, ou des écritures d'un travail fini, on emploie généralement les pierres de Munich, qui réunissent, pour la plupart, les caractères généraux d'une bonne pierre lithographique, savoir : une pâte bien homogène, dure, serrée, et s'imbibant peu d'eau.

Mais, parmi les pierres de Munich, un choix est encore à faire : voici des renseignements que nous avons extraits du *Manuel de Lithographie*, par MM. Chevalier et Langlumé.

« *La blanche* est toujours tendre et ne convient pas pour les longs tirages, parce que le crayon pénétrant plus avant dans la pâte, il en résulte une disposition du dessin à l'*empâtement*.

« *La jaune* est souvent bonne.

« *La gris-perle* est la meilleure parce qu'elle est la plus dure et la plus serrée, qu'elle prend par l'opération du grainage un grain plus fin et plus saillant qui résiste plus longtemps à la pression, ou plutôt à l'impression.

« *La grise-ardoise* est toujours bonne, mais elle est rare et difficile à grener.

« *La grise-roussâtre* est mauvaise, elle lâche l'encre quand on dépasse deux mille épreuves, et demande encore beaucoup de soin et de précaution pour arriver à ce nombre.

« Les pierres tendres qui absorbent beaucoup d'eau, celles qui reçoivent rapidement le poli, sont de mauvaise qualité.

« Il faut exclure aussi les pierres trop dures, car alors, les pores étant trop fins ou trop serrés, le crayon, la gomme et l'eau ne les pénètrent pas suffisamment, et le tirage est d'une courte durée.

« Les meilleures pierres pour graver à la pointe sèche sont les pierres dures et parfaitement homogènes.

« Les défauts qui se rencontrent le plus souvent dans les pierres de Munich de deuxième choix, sont : les veines, la tigrure, les points blancs, les taches de sapin, les fissures et les cristallisations.

« *Les veines* nuisent à la qualité de la pierre, surtout les rouges, dans lesquelles l'eau s'infiltre assez promptement, et occasionne la rupture de la pierre.

« Mais la tigrure, les *taches de sapin*, et les fissures, ces dernières par leur peu d'étendue, ne nuisent pas à l'impression.

« Il en est de même des points blancs lorsque leur dureté est égale à celle de la pierre.

« *Les cristallisations et les points blancs tendres* doi-

vent faire rejeter les pierres sur lesquelles elles se trouvent en assez grande quantité.

« La pierre de Châteauroux est excellente pour l'écriture, mais elle est généralement remplie de taches de rouille, de marne et de trous, ce qui empêche d'en faire usage pour le crayon. Elle est très cassante.

« Celle de Bellay est trop dure et cassante ; celle de l'Aube est de mauvaise qualité.

« Toutes les pierres françaises, d'une couleur sale ou terne, sont mauvaises. »

Moyen de reconnaître les qualités d'une pierre lithographique. Pour s'assurer des qualités d'une pierre, il faut passer sur toute sa surface une éponge mouillée ; si elle renferme des taches ou des fissures elles apparaissent aussitôt.

On juge alors de l'homogénéité de la pâte à l'uniformité de sa couleur, qui doit être sans nuances.

La pâte serrée se reconnaît à la dureté et au poids de la pierre. A volume égal, la pâte serrée est beaucoup plus lourde que la pierre tendre.

Pour juger de la qualité spongieuse, on verse quelques gouttes d'eau sur la pierre, et l'eau doit être absorbée de suite. Lorsque l'argile est en grande proportion dans la pierre lithographique, elle retient l'eau plus longtemps, tout en l'absorbant ; c'est la meilleure qualité. Les veines et les nuances dans la couleur de la pierre étant toujours d'une intensité différente du ton local, les variations qu'elles occasionnent s'expliquent par ce que nous venons de dire sur la qualité dure ou tendre. Ainsi, le crayon ne restera pas fixé sur les veines dures, et il pénétrera trop dans les veines tendres.

« *Dressage des pierres.* Lorsqu'une pierre n'a pas servi, il faut, avant de la dresser, prendre une lime, et arrondir les angles de la pierre dessus et dessous : dessus, afin que, pendant le dressage ou grainage, il ne se détache pas d'éclats qui pourraient faire des raies très profondes ; pour que l'éponge ne se déchire pas en s'accrochant aux angles, et afin que les bords ne prennent pas le noir et ne coupent pas le rouleau ;

« Dessous, pour que l'artiste et l'imprimeur ne courent point les risques de se blesser en portant la pierre, et qu'elle ne coupe pas les cartons sur lesquels on la pose dans le chariot pour imprimer.

« Cette opération terminée, on met la pierre sur la table à grainer ; et, avec un tamis de toile métallique, on passe du grès jusqu'à ce qu'elle en soit couverte ; puis on mouille le grès avec un peu d'eau : ensuite, on prend une autre pierre de même dimension que l'on met dessus, et on les frotte en tournant jusqu'à ce que le grès soit usé ; on lave ensuite les pierres, et on recommence huit ou dix fois la même opération, en ayant soin de changer les pierres à chaque nouveau grain, c'est-à-dire de mettre dessous celle qui était dessus, et ainsi de suite.

« Quand les pierres ont été ainsi préparées, il faut les laver et les mettre sécher, afin de voir si elles sont bien droites, ce qui a toujours lieu lorsqu'elles n'accrochent pas pendant le dressage, et si leur surface présente un grain égal. Il est bien essentiel de faire une marque aux deux pierres que l'on dresse ensemble, afin de ne pas les confondre ; car il arrive fort souvent que des pierres très droites ne le sont plus lorsqu'elles sont grainées avec d'autres.

« *Ponçage.* Quand une pierre est dressée, il faut la frotter d'un bout à l'autre avec un morceau de pierre-ponce préalablement uni à la lime, et que l'on mouille de temps en temps. Il faut, avant de poncer, laver la pierre, afin qu'il ne reste aucun grain de sable, autrement elle serait rayée ; et il faudrait recommencer.

« *Grainage.* Après que l'on s'est assuré, au moyen d'une règle servant de niveau, que la pierre est droite, il faut prendre du sable passé dans un tamis, très fin, que l'on saupoudre bien également sur la pierre ; ou le mouille avec une éponge que l'on exprime avec la main. Le reste de l'opération s'exécute comme pour le dressage, en ayant soin seulement de ne pas appuyer sur la pierre qui est dessus.

« On use trois sables (plus ou moins) : les deux premiers jusqu'à ce que les pierres restent adhérentes, pour étendre le gros grain occasionné par le grès, et le dernier un peu moins, selon la qualité que l'on veut donner au grain.

« Après avoir lavé les pierres avec de l'eau très propre, on les met égoutter dans un endroit où elles ne puissent recevoir de taches, et, lorsqu'elles sont bien sèches, on passe sur la surface grainée une brosse en blaireau pour en faire disparaître les grains de sable ; puis à l'aide d'une loupe, on regarde si le grain est aussi fin qu'on le désire. S'il en est ainsi, on pose sur les pierres une feuille de papier de soie, une autre de papier gris ; et on les enveloppe soigneusement jusqu'au moment de leur emploi, en évitant de les déposer dans un endroit humide.

« *Effaçage des pierres dessinées.* L'effaçage des dessins diffère peu du mode de dressage ; mais il est très important de les bien effacer, surtout si elles sont destinées à recevoir un dessin au crayon ; faute de cette précaution, l'ancien travail reparaîtrait sous le nouveau et le dessin serait perdu.

« Il faut, pour éviter cet accident, continuer d'effacer jusqu'à ce qu'on ne voie plus de traces de l'ancien dessin ; il n'est pas rare d'user de trois à quatre grès avant d'obtenir ce résultat, car, tant que l'on voit sur la pierre la marque du dessin, comme une tache blanche, c'est signe qu'il n'est pas effacé parfaitement.

« L'essence de térébenthine qui dissout l'encre, sert à faire disparaître les faux traits ; mais elle n'est pas toujours suffisante. » (Extrait du *Manuel de l'Imprimeur-lithographe*, par Auguste Bry).

2° ENCRES ET CRAYONS LITHOGRAPHIQUES, *leur composition.* — Nous avons déjà décrit (voyez ENCRE) la composition et le mode de fabrication de l'encre lithographique de M. Lemercier, en y joignant des observations, dans le but de guider les idées théoriques et pratiques sur le choix et l'emploi des matières ; mais cette encre n'étant bonne que pour l'usage du pinceau, nous indiquerons quelques compositions nouvelles, dont la manipulation, au reste, est exactement la même que pour celle que nous avons décrite.

Composition de l'encre lithographique, publiée dans le Manuel de M. Auguste Bry, 1835, page 44 : 93 gram. de savon animal ; 125 gram. de cire vierge ; 62 gram. de suif de mouton ; 93 gram. de gomme laque blonde, ajouter du noir de fumée calciné, en poudre, jusqu'à ce qu'elle soit bien noire.

Cette encre se délaie à chaud ou à froid, mais préférablement à chaud.

Composition de l'encre de M. Desmadryll aîné, dessinateur lithographe au ministère de la guerre, décrite par feu Engelman père dans son Traité complet de la Lithographie, 1842, page 249 : 40 parties de cire vierge pure, ou à son défaut de cire jaune, 10 p. de mastic en larmes ; 28 p. de gomme-laque ; 22 p. de savon blanc ; 9 p. de noir de fumée léger.

Encre lithographique de MM. Chevalier et Langlumé (voir leur Manuel, 1838, page 57) : 4 parties de cire ; 4 p. de suif de mouton ; 4 p. de savon ; 3 p. de gomme laque ; noir pour colorer suffisamment.

CRAYONS LITHOGRAPHIQUES, *leur nature et leurs propriétés.* — Dans son Traité de Lithographie, édition 1834, M. Tudot a publié une bonne recette de crayons, comme étant celle de M. Lemercier. Cette recette, qui a été transcrite depuis dans le Manuel de Lithographie de MM. Chevalier et Langlumé, p. 223, est la suivante :

32 parties de cire jaune ; 4 p. de suif épuré ; 24 p

de savon blanc ; 1 p. de sel de nitre ; 7 p. de noir calciné et tamisé.

M. Tudot ajoute : « M. Lemercier a admis le sel de nitre dans son crayon sur l'avis qui lui en a été donné ; l'auteur de cette innovation est resté inconnu. » M. Engelman père prétend que le premier emploi du sel de nitre a été fait dans son établissement ; que la recette du crayon Lemercier est la sienne, et qu'elle lui a été communiquée, sans doute, par quelqu'un de ses élèves.

Certes nous ne pouvons pas dire le nom de celui qui eut le premier l'idée d'employer le sel de nitre dans la composition du crayon, mais d'après les règles établies en pareille matière, le mérite de l'invention ou plutôt de la publication appartient à M. Lemercier. Nous pouvons même affirmer que M. Engelman n'a pas dit un mot de l'emploi du nitre dans les diverses éditions de son Manuel de Lithographie, publiées en 1823, 1824 et 1831. Seulement dans son Traité complet de Lithographie, publié en 1842, c'est-à-dire trois ans après sa mort, Engelman a commencé à donner quelques recettes relatives à l'art, mais de son vivant il n'a jamais rien dit de bien positif sur les procédés techniques de la lithographie.

Nous citerons cependant, comme lui appartenant en propre, la note suivante, qui explique l'action du sel de nitre sur les corps gras qui composent le crayon lithographique :

« Quelques personnes mettent dans leurs crayons de la potasse, ou même encore de la soude. Dans nos ateliers, nous préférons le sel de nitre (salpêtre ou chimiquement parlant, nitrate de potasse), parce qu'il donne aux crayons plus de dureté que la soude. Comme on le met dans la matière, lorsqu'elle est parvenue à une haute température, ce sel se décompose et cède sa potasse aux acides gras pour achever de les saponifier, tandis que l'acide nitrique, se décomposant, a abandonné une partie de son oxygène aux corps gras, a contribué encore à les faire passer à l'état acide, et les a rendus plus facilement saponifiables. De plus, une partie de l'eau qu'on introduit dans ce mélange, après la première et la plus forte flamme, y reste combinée, et donne aux crayons une élasticité qu'ils n'auraient pas sans ce mélange. »

Fabrication des crayons (recette de MM. Lemercier et d'Engelman). « Le feu étant plus aisé à conduire quand la quantité des matières est de plusieurs hectogrammes, on réussira mieux en prenant par 31 gram. les proportions déjà rappelées ; cependant, avec de l'attention, on pourra opérer sur une quantité moindre. Supposant ces parties par hectogrammes, il faut une casserole en cuivre ou en fonte, de 40 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de profondeur environ ; il est nécessaire qu'elle ait son couvercle dont on se sert pour éteindre le feu après l'avoir mis au produit ; on doit encore avoir une spatule en fer pour agiter la masse ; on coupe par petits morceaux le savon pour en hâter la fusion. Le sel de nitre doit être, avec la proportion d'eau, dans une petite casserole, pour être mis sur du feu lorsque l'opération sera commencée.

« Les préparatifs faits, on allume du charbon, et on commence par faire fondre dans la casserole la cire, puis le suif ; ensuite on jette peu à peu le savon coupé très mince ; il ne faut pas en mettre beaucoup, car l'eau que contient le savon nouveau cause une tuméfaction qui ferait répandre une partie de la matière, si on le mettait trop précipitamment (1) ; il faut donc en mettre peu, et avec une spatule de fer agiter continuellement, de manière à faciliter la fusion. Lorsqu'elle est complète, on remue plus doucement : l'agitation est nécessaire pour rendre la chaleur égale dans toutes les parties de la masse ; en allant vivement, on diminue sensiblement cette chaleur, et en allant doucement on la laisse augmenter. Lorsqu'une fumée blanchâtre succède à la fumée grise qui se dégage pendant la fusion du savon, on retire la casserole du feu, puis on commence à verser la dissolution de nitre. Quelques minutes avant, on a dû mettre l'eau nitrée sur un peu de feu, afin de l'avoir bouillante au moment de s'en servir ; on a une cuillère à café pour prendre de la dissolution dans la petite casserole qui la contient ; on commence par en laisser tomber quelques gouttes sur la matière ; il s'opère une tuméfaction : on continue à verser goutte à goutte, puis progressivement on en laisse tomber davantage, et enfin on augmente jusqu'à ce que le tout soit versé. Il est très important de prendre ces précautions pour faire entrer la dissolution dans la masse, car, si on mettait tout à la fois, cela produirait une explosion qui lancerait la matière de tous les côtés si l'eau était froide, et lorsqu'elle est chaude la tuméfaction peut faire répandre tout le produit.

« La dissolution versée, la tuméfaction vient quelquefois jusqu'au bord de la casserole, suivant le degré de la chaleur où était la matière lorsqu'on a fait cette addition d'eau nitrée. Plus il est élevé, plus le gonflement est grand et mieux la dissolution s'incorpore. On remet ensuite la casserole sur le feu, et avec une spatule on bat la mousse qui s'est formée pour la faire diminuer ; la chaleur agissant à son tour, la matière redescend à son premier niveau ; on fait chauffer le produit jusqu'à ce qu'en approchant l'extrémité d'un fer que l'on a fait rougir au feu la matière s'enflamme. Quand elle a pris feu, on ôte la casserole de dessus le réchaud et on la laisse brûler une minute : alors on couvre la casserole avec son couvercle pour éteindre la flamme et empêcher que la température ne s'élève trop ; immédiatement après, on lève le couvercle et on laisse la fumée se dégager, puis en agitant la masse avec la spatule, le feu reprend ; s'il ne reprend pas, il suffit d'approcher de nouveau le fer rouge. Supposant par 31 grammes chacune des parties des proportions ci-dessus indiquées, on laisse brûler encore pendant deux minutes, et on éteint la flamme. Si à la surface du produit il restait une espèce d'écume, il faudrait faire brûler encore une minute ; mais quand le mélange a été bien fait et la chaleur bien soutenue, trois minutes sont suffisantes, et la pâte du crayon est moins cassante que lorsqu'on a laissé brûler plus longtemps. Quand on opère sur une quantité moins forte que celle précitée, on doit réduire proportionnellement la durée de cette combustion, et surtout étouffer le feu plus souvent pour éviter une trop haute élévation de température, qui, en ne permettant pas d'éteindre la flamme, carboniserait une grande partie du produit. Ayant éteint la flamme et ôté le couvercle, on laisse refroidir le tout quelques secondes ; alors on ajoute le noir en le faisant tomber peu à peu et le délayant avec la spatule jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de grumeaux ; le noir étant bien mêlé, on remet la casserole sur le feu ; et lorsque la pâte est ramenée à l'état liquide, on la laisse cuire quinze minutes environ.

« C'est ici particulièrement qu'il faut de l'habitude pour diminuer ou augmenter la durée de cette cuisson suivant l'activité du feu ; car la différence du feu lent à un feu vif, pendant toute l'opération, nécessite un changement à ces données. Deux ou trois minutes avant la fin de la cuisson, on met fondre dans cette nouvelle pâte les bavures qui restent chaque fois que l'on coule des crayons. Un fait singulier est que cette ancienne pâte, ajoutée à la première qui cuit, lui donne une qualité moins cassante que celle qu'elle a lorsqu'on n'y a pas fait cette addition. Peut-être les bavures contiennent-elles de l'humidité prise après avoir subi la cuisson nécessaire, mais toujours est-il qu'elles lui donnent

(1) On évitera jusqu'à un certain point cet inconvénient, en employant du savon très sec et réduit en poudre.

un peu de l'élasticité qu'elles ont gagnée et que le crayon acquiert presque toujours avec le temps, et qu'il n'a pas lorsqu'il est récemment fait.

Quand cette addition est faite en agitant toujours, et qu'on a parfaitement mêlé cette ancienne pâte avec la nouvelle, on retire la casserole du feu et on agite la masse tout en la laissant un peu refroidir; alors on approche le moule (fig. 1469) (1) et on le coule en versant sur le milieu de toute son étendue; si ce moule est trop petit pour recevoir tout le produit, une seconde personne doit remettre la casserole sur un feu doux et l'entretenir à la chaleur convenable pour que la pâte ne refroidisse pas. Immédiatement après avoir coulé, on ajuste le dessus du moule, puis on exerce une pression pour former les crayons, et de suite on coupe avec un couteau les bavures de chaque côté du moule; on enlève le dessus, puis on dégage les crayons qui tiennent encore au moule par leur moitié inférieure; ils ne se dégagent facilement que lorsqu'on a coulé au degré de chaleur et au degré de cuisson convenables. Avant de couler les crayons, on peut avec la spatule faire tomber sur un morceau de verre quelques gouttes de pâte et essayer de l'enlever pour voir si elle tient au verre: dans le cas où elle tiendrait, on élève le degré de chaleur jusqu'à ce que la pâte puisse prendre feu: on laisse brûler quelques secondes; et ayant éteint la flamme, on attend que la masse soit refroidie jusqu'au degré convenable pour couler; il ne faut pas que ce degré soit trop abaissé, car alors le crayon se gerce et n'est pas lié dans toute sa longueur: et si la pâte est coulée à un degré trop élevé, le crayon devient poreux au même instant. C'est au degré convenable qu'il faut s'arrêter, et l'expérience seule peut le préciser. On peut frotter le moule avec du savon; mais le meilleur moyen est de couler au degré de cuisson et à la chaleur convenables, alors les crayons s'enlèvent aisément. On a vu que les coulées doivent se succéder promptement.

Si le noir n'a pas été bien délayé, la pâte est grumeleuse et il faut la faire refroidir; alors elle se mêle beaucoup mieux. Plusieurs fabricants emploient ce moyen pour rendre la pâte très fine. Ils la font peu cuire d'abord, la laissent refroidir complètement et la font refondre ensuite; ce moyen est très bon (extrait du *Traité de Lithographie*, par A. Tudot).

Moulage des crayons. Le moule (fig. 1469) se compose de deux pièces ou jumelles de bois ou de cuivre fondu, jointes par une charnière fixée avec des vis. Ces deux jumelles portent des cavités ou rigoles juxtà-posées, qui ont chacune le diamètre du crayon qu'on veut avoir; la jumelle inférieure est armée d'un boulon à vis, et celle supérieure est terminée par une poignée.

Avant de couler les crayons, on fixe de chaque côté du moule une petite règle de bois que l'on assujettit au moyen de deux clous à crochets. Ces petites règles sont destinées à retenir la matière lorsqu'on la verse dans le moule: elles doivent avoir un peu de jeu pour laisser échapper l'air et l'excédant de la matière coulée, que l'on presse fortement pour augmenter son homogénéité et sa densité.

En 1838, M. Fichtenberg a publié dans le journal *le Lithographe*, page 297, un nouveau procédé de fabrication des crayons lithographiques, qui peuvent être moulés, dit-il, de plusieurs manières:

1° On se procure un petit châssis en cuivre de 5 à 15 centimètres de longueur sur 8 centimètres de largeur, et de 6 à 7 millimètres d'épaisseur; on place ce cadre sur une planche unie et recouverte d'une toile fine ou d'un taffetas; on le remplit de composition que l'on bat avec un maillet pour l'entasser convenablement, c'est-à-dire pour la rendre exempte de soufflures, puis on unit la surface avec la lame d'un couteau; enfin, on repousse la matière hors du châssis avec une planchette de la même dimension. Les tablettes sont ensuite divisées en crayons à l'aide d'une lame mince, ou bien avec un fil de laiton très fin:

2° Au lieu de châssis, on peut dresser la pâte entre deux planches dans une presse, jusqu'à ce qu'elle ait l'épaisseur désirable; on en forme ensuite des crayons de longueur assez irrégulière, il est vrai, mais d'une matière très compacte. Les crayons moulés par ces deux manières sont carrés; il serait trop long de les arrondir.

La troisième manière est extrêmement ingénieuse, et le moulage se fait avec une grande rapidité. L'appareil consiste en un cylindre; le corps du cylindre est en cuivre, d'environ 30 centimètres de longueur sur 8 à 10 centimètres de diamètre intérieur. Un chapeau de même métal est vissé solidement à une extrémité. Ce chapeau retient une petite plaque, percée d'un trou de la grosseur que l'on veut donner au crayon.

On emplit ce cylindre de la pâte à crayon, que l'on a pressée au moyen d'un piston à vis que l'on meut à l'aide d'une manivelle ou d'un moulinet. Le piston se visse dans un écrou fixé sur un établi, et maintenu à un écartement fixe du cylindre au moyen de forts crampons en fer. La pâte est bientôt refoulée dans le chapeau, de manière que le crayon se moule en passant par cette sorte de filière. On reçoit les crayons sur une tablette en les maintenant avec les doigts. On les dispose ainsi sur la tablette, où, après les avoir bien égalisés, on les coupe de la longueur que l'on veut.

Mais M. Fichtenberg n'a pas dit, et M. Desportes lui-même, rédacteur en chef du *Lithographe*, n'a pas ajouté que ces trois manières de mouler les crayons étaient déjà connues et employées depuis longtemps dans la fabrication des crayons noirs (voir les *Brevets expirés* de Conté, et le *Manuel du papetier*, par Julia de Fontenelle et Poisson, 1828, pages 213 et suivantes).

Disons aussi qu'à l'aide du troisième moule à cylindre on obtient des crayons défectueux, tortus et très cassants; que la première manière est la seule employée aujourd'hui, et encore la meilleure, sinon la plus prompte.

Propriétés et qualités d'un bon crayon lithographique. D'après les compositions que nous avons données ci-dessus, et surtout d'après les résultats de l'expérience et de la pratique, il résulte que le meilleur crayon peut être considéré comme composé de trois parties essentielles, et susceptibles de bien s'unir ensemble en proportions définies:

1° D'une partie savonneuse ou grasse propre à pénétrer et à se fixer sur la pierre lithographique, et à former avec elle un savon calcaire susceptible d'attirer et de retenir l'encre d'imprimerie. Engelman dit donc avec une certaine raison, qu'il faut éviter d'employer le savon ou la dissolution de gomme-laque partout où on peut s'en passer, parce qu'elle ne se combine pas avec la pierre calcaire, et ne forme pas avec elle de savon calcaire;

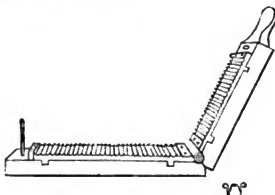
2° D'une substance grasse, compacte, qui lui donne du liant, de la solidité, pour qu'on puisse le tailler finement sans le rompre, ni le casser, et assez de fermeté, afin que la pointe puisse résister à la pression de la main quand on dessine;

3° Enfin d'une matière colorante noire, en quantité suffisante, afin que le dessinateur puisse juger de l'effet de son dessin, et que ce dessin soit rendu identiquement par l'impression.

Aussi, dit Engelman, lorsque dans le crayon la pro-

(1) M. Engelman s'attribue à tort (voir son *Traité complet de la Lithographie*, 1842, page 245) l'invention de ce moule, que le célèbre Conté employait déjà au commencement de ce siècle pour former des crayons cylindriques noirs. D'autres l'accordent à M. Brisset père, qui est un constructeur habile, mais exécutant généralement d'après les modèles connus.

portion des parties graisseuses est trop forte, relativement à la quantité de matières colorantes, l'épreuve vient au tirage plus noire que le dessin ne paraît sur la pierre. Si, au contraire, il y a plus de noir, le dessin présente une épreuve plus pâle.



1169.

Mais, d'après les confidences qui nous ont été faites par M. Philippon, fondateur du *Charivari*, on peut parvenir à faire avec un seul corps gras acide des crayons d'une bonne qualité, toujours semblables, possédant l'avantage d'être peu sensibles à l'influence de l'humidité, comme à celle de la chaleur, et de résister plus fortement à la préparation de la pierre par la dissolution d'eau gommeuse et acide. Nous dirons même que cet artiste distingué compose pour ses besoins personnels des crayons excellents, qui ne contiennent ni suif, ni cire, ni résine, ni savon. Ce fait, qui renverse toutes les théories ou conjectures existantes, peut guider l'opinion sur le choix des matières à employer, et épargner ainsi des essais coûteux à ceux qui voudraient faire des recherches pour perfectionner les crayons.

3° LAVAGE DE LA PIERRE AVEC UNE SOLUTION D'EAU DE GOMME ET D'ACIDE. — *Composition décrite par M. Tudot :* 20 parties de gomme du Sénégal dissoute à froid dans 75 à 80 parties d'eau distillée, ou, à son défaut, d'eau clarifiée ; une partie d'acide nitrique à 34°. On applique cette composition sur la pierre avec un pinceau de putois, dit *queue de morue*.

Manipulation. « On fait fondre la gomme dans l'eau ; et, quand la dissolution est complète, on la fait passer au travers d'un linge fin. Cette solution, ainsi préparée, doit marquer 10° environ au pèse-acide de Baumé. Si le degré est plus élevé, on ajoute de l'eau ; et, s'il est moindre, on ajoute de la gomme.

« On verse, dans cette solution, la partie d'acide nitrique qui doit augmenter sa densité d'un degré de plus que celui donné par l'eau de gomme seule.

« Cette préparation se conserve peu de temps sans altération, et le plus prudent est de ne faire le mélange que quelques heures auparavant de s'en servir. En outre, avant de verser l'acide dans l'eau gommée, il faut s'assurer, avec du papier de tournesol, si elle n'est pas un peu acide ; et, dans ce cas, on recommencerait à faire d'autre eau de gomme non acide. Si on fait chauffer l'eau pour activer la solution, il est important de la laisser ensuite refroidir ; car, la chaleur diminuant la densité de la liqueur, on s'exposerait à commettre quelque erreur, surtout si le refroidissement avait lieu dans l'intervalle de la pesée de l'eau gommée et de celle de l'acide. Le refroidissement ayant augmenté la densité de la solution de gomme, on pourrait attribuer à l'addition d'acide l'augmentation qui serait causée par le refroidissement. »

Autre préparation qui ne s'altère pas. 125 grammes de gomme arabique ; 500 grammes d'eau distillée ; 25 grammes d'acide hydro-chlorique.

M. Ridolphi, imprimeur lithographe à Turin, emploie tout simplement une légère dissolution de nitrate de chaux parfaitement neutre. Ce sel liquide jouit de la propriété de décomposer le savon contenu dans l'encre ou dans le crayon, sans exercer aucune action sur la pierre, et il n'endommage nullement le dessin qu'on y a tracé.

M. Ridolphi prépare le nitrate de chaux dont il fait usage, en mettant dans de l'acide nitrique du commerce des éclats de pierres lithographiques, en continuant d'y en ajouter jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'effervescence, étendant ensuite le liquide avec de l'eau de puits, filtrant et conservant la liqueur pour l'usage.

Préparation de MM. Chevalier et Langlumé. On prend 187 gram. de chlorure de calcium sec que l'on fait fondre dans 593 gr. d'eau ; on passe la solution à travers un filtre de papier gris. Lorsque la liqueur est passée, on y ajoute un mucilage de gomme arabique fait avec 125 gram. de gomme en poudre, et on mêle. Lorsque le mélange est complet, on y ajoute 31 gram. d'acide hydro-chlorique pur. On conserve ensuite dans des bouteilles de verre.

Voici les avantages que les auteurs ont cru reconnaître dans l'emploi de cette préparation : « 1° elle offre, disent-ils, une certitude que la préparation à l'acide nitrique n'offre pas, puisque le lithographe même le plus exercé n'emploie cette dernière qu'avec une juste défiance. 2° Répandue à l'aide d'un pinceau, elle prépare également, et d'une manière uniforme, toutes les parties de la pierre ; n'étant pas saturée au moment où on l'applique, elle agit avec la même énergie sur toutes les parties de la surface, et son action est égale. 3° Elle peut être employée avec autant de facilité sur les grandes pierres que sur les petites. 4° Elle n'exige pas que la pierre soit retournée, ensuite immergée à l'aide d'une grande quantité d'eau ; opération désagréable, qui rend les ateliers insalubres, nuit à la conservation des planches et à la santé des ouvriers ; de plus, elle dispense encore de recouvrir la surface de la pierre d'une couche de gomme arabique, cette gomme faisant partie de la composition. 5° Les teintes les plus vigoureuses, de même que les plus légères, viennent également bien, lorsque les pierres ont été acidulées de cette manière. 6° Cette préparation peut être étendue sur les pierres avec la plus grande facilité, et l'opération peut être confiée même à un enfant, pourvu qu'il soit intelligent. 7° La pierre préparée reste constamment humide ; effet dû à ce que la préparation contient une grande quantité d'un sel déliquescent qui pénètre la pierre, et lui conserve pendant longtemps l'humidité indispensable.

« Cette propriété est d'un grand avantage ; car on a remarqué qu'une pierre qui sèche trop vite est plus difficile à encrer, et donne beaucoup plus de peine à l'imprimeur, forcé d'employer alors un noir d'impression plus dur. Coupée avec de l'eau gommée, la préparation devient encore d'un grand secours pendant l'été ; elle empêche la pierre de sécher et par-là prévient les difficultés que l'ouvrier rencontrerait pour tirer son dessin pur et d'un noir bien frais, difficultés que quelques imprimeurs lithographes cherchent à vaincre en employant des substances diverses (telles que l'urine, le vinaigre, l'acide nitrique, la salive, etc.) dont l'inconvénient est d'endommager souvent les dessins. La pierre, recouverte de préparation, rend au travail sa première fraîcheur ; il ne faut, pour cela, que la laisser reposer un quart d'heure après lui avoir fait subir cette opération. 8° Elle procure une grande économie : car l'ouvrier, n'ayant pas besoin d'employer un noir aussi dur, obtient dans le même espace de temps, et sans être fatigué, un plus grand nombre d'épreuves beaucoup plus régulières (on a reconnu qu'il pouvait en tirer un tiers en plus). 9° Cette préparation sert encore à enlever des taches qui se seraient formées sur la pierre pendant l'impression, taches

dues à ce que certains endroits ont été graissés par le crayon ou par la chaleur de la main. Ces taches paraissent au tirage et sont détruites par l'usage de la liqueur saline acide. »

Malgré tous ces avantages que nous n'avons pas été à même de constater jusqu'à présent, les plus habiles imprimeurs accordent la préférence à l'acide nitrique pour la composition du liquide destinée à la préparation des pierres dessinées.

Effets de la solution d'eau de gomme et d'acide ou d'un sel neutre soluble. — Déjà nous avons dit pourquoi on se servait de cette solution, dans le but ; 1° d'enlever au crayon et à l'encre l'alcali qu'ils contiennent, et de les rendre ainsi insolubles à l'eau ; 2° de rendre la pierre plus poreuse et susceptible de retenir l'eau avec plus de facilité.

L'eau acidulée par l'acide nitrique ou hydrochlorique, ainsi que la solution de nitrate de chaux ou de chlorure de calcium, avec ou sans addition d'acide, sont les solutions généralement employées ; chacune a une action différente sur la pierre. Ainsi le chlorure de calcium ou le nitrate de chaux agissent sur l'encre seule sans altérer la pierre. Les acides nitrique et hydrochlorique agissent tout à la fois sur l'encre et la pierre à laquelle ils donnent un grain particulier. Ils remplissent ce double but de décomposer l'encre ou le crayon, d'augmenter leur adhésion sur la pierre, et de déterminer en même temps la décomposition de cette dernière en donnant naissance à un composé particulier d'où résulte la solidité du dessin.

Les acides atteignent encore un autre but, que d'attaquer la pierre calcaire soumise à leur action, et de former à sa surface un poli grenu, des vacuoles qui retiennent l'eau gommée et facilitent ainsi l'application de l'encre d'impression et le tirage proprement dit. Ces effets, du reste, sont parfaitement définis dans un excellent mémoire de M. Houzeau, intitulé : *Aperçu chimique sur la Lithographie*, et publié dans le tome XII, page 174, année 1826, du *Journal de Pharmacie*. Nous engageons les personnes qui désirent s'instruire à le lire en entier.

« L'immersion de l'acide, dit M. Houzeau, a un but très important, c'est de mettre le dessin un peu en relief, et surtout de changer la surface de la pierre calcaire en nitrate, et de la rendre ainsi imperméable aux corps gras. En effet, quelque soluble que soit le nitrate de chaux, il en reste cependant une couche mince intimement unie à la pierre. Cette couche est très lisse ; et si, lorsqu'elle est légèrement humide, on la touche avec un corps gras, elle n'est pas tachée ; tandis qu'une surface de carbonate de chaux, placée dans les mêmes circonstances, absorbe ce corps avec beaucoup de facilité. C'est une propriété qu'on observe à chaque instant dans la pratique lithographique ; car si l'on gratte une portion de la pierre préparée, et qu'on oublie d'y passer de nouveau l'acide nitrique, on voit cet endroit, quelque bien mouillé qu'il soit, prendre le noir d'impression et salir les épreuves. Les acides sulfurique et hydrochlorique agissent à peu près de même, mais l'acide nitrique est préférable, parce que le sel qu'il forme étant plus soluble que le sulfate et moins que le chlorure, laisse sur la pierre une couche suffisamment épaisse, tandis que le chlorure serait enlevé en entier, et que le sulfate, n'adhérant que très faiblement à la pierre, s'en détacherait par l'action de la presse et du rouleau et laisserait à nu le carbonate calcaire. »

Suivant l'explication donnée par Senefelder et rappelée depuis par M. Tudot, comme la pression, agissant perpendiculairement sur les traits du dessin, tend à écraser l'encre et à l'étendre au-delà du point où elle est fixée par l'impression, la gomme seule s'oppose à ce que l'extension de l'encre aille progressivement ; et, s'il n'y avait pas de gomme, après quelques épreuves, le dessin aurait perdu toute sa pureté, en admettant même qu'on ait pu l'encrer, ce qui exigerait beaucoup de talent. La gomme est retenue mécaniquement dans les pores de la pierre par leur capillarité ; lorsque, après les épreuves d'essai, on gomme de nouveau, elle remplit les pores agrandis et colore en jaune la surface de la pierre.

« Enfin, le mélange d'acide et de gomme a l'avantage de retenir l'acidulation sur les parties foncées, au lieu que sans ce moyen la graisse repousse constamment l'acide, ce qui s'oppose à son action sur ces parties, et expose à aciduler trop fortement les parties claires. Un fait bien observé est que l'acide nitrique agit avec énergie sur la pierre, et qu'il faut, pour que cette action ait lieu, qu'elle soit prolongée quelque temps ; mais soit que cet acide neutralise complétement la partie superficielle du crayon sur laquelle il peut agir, soit qu'il n'agisse pas sensiblement, il ne présente aucun inconvénient sur ce point : son action sur la pierre n'étant pas simultanée, on a le temps d'étendre la préparation sur toute la surface du dessin. la solution de gomme diminuant sa fluidité, l'empêche de pénétrer profondément dans les pores de la pierre, rend son action superficielle, et par conséquent meilleure. C'est donc cet acide que l'on doit employer. »

4° ENCRE D'IMPRESSION. Sa composition est : huile de lin brûlée, et noir de fumée ou de résine calcinée (voyez ENCRE D'IMPRIMERIE).

Nous n'insisterons pas davantage sur cette matière qui est décrite suffisamment, page 1340, mais nous persistons toujours dans l'opinion que nous avons émise précédemment, sur le mode de fabrication d'une bonne encre d'impression, composée de suif, de résine, de baume-résine, de cire, de savon de résine, etc., qui sèche ou se carbonise beaucoup moins que l'huile de lin cuite.

Nous sommes conduits à cette conclusion, en examinant les effets de l'influence réciproque de l'air et de l'huile ; quand on imprime, les résultats de ces effets sont de plusieurs sortes, et très pernicieux. Le premier résultat est que l'encre d'imprimerie ordinaire, qui est un composé d'oxygène, d'hydrogène et de carbone a une tendance naturelle à se combiner avec l'oxygène de l'atmosphère, et à former promptement, lorsqu'elle est étendue en couche mince, une combinaison particulière, une résine plus ou moins noire et dure, qui perd plus ou moins son affinité pour les corps gras ; de là vient la difficulté que l'imprimeur éprouve souvent pour prendre l'encre d'impression sur la table au noir et la distribuer également et uniformément sur le dessin.

Le second vice se retrouve à un haut degré dans l'impression des lithographies en couleurs. Ainsi, la couleur jaune du vernis altère et modifie la nuance et la vivacité de certaines matières colorantes. On peut faire, sans doute, un vernis gris-blanc, en y ajoutant après la cuisson, du chlorure de zinc, de chaux ou une petite quantité de lait de chaux ; mais ce vernis offre d'autres inconvénients dans la pratique, par exemple, celui de s'étendre, de se distribuer difficilement sur le rouleau d'encrage, et sur la pierre, etc. Il détruit les couleurs végétales.

Les oxydes de plomb, de fer surtout, mélangés avec l'huile, se désoxydent au contact de l'air et prennent différentes teintes noirâtres. Les couleurs composées d'acide carbonique ou de chaux, et d'un corps métallique, le chrôme, la cendre bleue ou verte, par exemple, forment avec l'huile un savon métallique, et les substances perdent la plus grande partie de leur couleur. Le bleu d'outre-mer factice mêlé avec l'huile prend une teinte terne et plus foncée.

DE LA ZINCOGRAPHIE. Senefelder a fait de nombreux essais pour remplacer la pierre lithographique par des planches de zinc, d'un emploi beaucoup plus commode, surtout pour l'autographie.

L'impression sur zinc n'est peut-être pas aussi facile et aussi certaine que sur les pierres lithographiques, et c'est là son principal défaut, auquel on remédiera sans doute, mais il présente les avantages suivants :

1° Prix d'achat 5 fois moindre que celui des pierres de Munich, premier choix, et 3 fois moindre que celles de Châteauroux, premier choix.

2° Grain plus dur, plus serré, et par conséquent plus facile à l'exécution et plus résistant à l'acidulation et à la pression.

3° Résistance au choc et à la chaleur.

4° Transport facile et beaucoup moins fatigant pour l'ouvrier.

5° Vente certaine et valeur réelle que l'on peut réaliser sur l'heure au prix de 20 fr. à 30 fr. les 100 kilogrammes, c'est-à-dire avec une perte de 20 à 30 pour 100 ; tandis que la valeur de la pierre est fictive et d'une réalisation difficile.

6° Les planches de zinc exigent la centième partie de l'emplacement que nécessite le classement des pierres lithographiques.

7° Elles exigent moins d'embarras, moins de soins et de précautions de la part des ouvriers pour garantir les dessins des ravages du temps et de l'humidité.

Choix et propriétés du zinc laminé et propre à imprimer. — On trouve dans le commerce du zinc laminé de deux qualités différentes que l'on distingue sous les noms de *zinc dur* et *zinc mou* (effets dus à la fusion, au recuit et au refroidissement au contact de l'air froid). Le zinc dur doit être préféré pour l'impression, et on le reconnaîtra facilement par le *bruissement aigu* et sonore qu'il rend lorsqu'on lui fait éprouver des *oscillations saccadées*.

Un dessin fait sur zinc mou ne donne que des épreuves faibles ; peu à peu le trait graisseux disparaît *ou se dépouille* comme sur la pierre tendre.

Le prix modique de ce métal doit le faire préférer à tous les autres (cuivre jaune, bronze, cuivre rouge) qui présentent, d'ailleurs, une densité plus considérable et qui exigeraient encore une main-d'œuvre et une préparation plus coûteuses.

En tout état, le zinc a de *l'affinité* pour les corps gras ; lorsqu'il est poli, il est mouillé très difficilement par l'eau, mais, usé à sa surface simplement par le sable mêlé avec de l'eau, c'est-à-dire grainé, ou lorsqu'il a été attaqué par un acide faible ou affaibli par l'eau, ou par un sel soluble, il se mouille presque aussi facilement que la pierre lithographique, et les aspérités dont il est couvert retiennent les particules liquides.

Sa *dureté* est plus grande que celle de la pierre, elle augmente lorsqu'il a été écroui et laminé, et son grain est surtout bien différent ; il est plus serré, plus distinct et plus uni.

On diminue et on corrige en partie les défauts de compressibilité, de ductilité, de flexibilité, de dilatabilité et de contractilité du zinc laminé en doublant l'une de ses surfaces, préservée, au besoin, de l'oxydation, par une couche d'une dissolution concentrée de tannin, avec plusieurs feuilles de papier ou de carton que l'on fixe avec de la colle de pâte, ou mieux de la colle au fromage ou de la céruse ; on dresse ensuite les surfaces et on régularise les épaisseurs en les soumettant successivement sur toutes les dimensions à l'action d'une presse à imprimer ou d'une machine plus puissante. On évite encore l'oxydation du zinc en le couvrant d'un corps gras non acide.

On augmente l'attraction du zinc pour les corps gras, l'eau et les liquides mucilagineux, en usant et en attaquant sa surface à l'aide d'un grainoir en zinc dont la surface frottante est composée de plusieurs rainures qui se coupent à angles aigus avec du grès fin tamisé et de l'eau mêlés avec un peu de dextrine et de carbonate de potasse ou de l'essence de térébenthine, qui a pour effet de diviser les particules et de les empêcher de rayer le métal. On forme ainsi sur sa surface des *vacuoles*, des *grains*, des *aspérités* aiguës, fines et uniformes qui facilitent le travail de l'écrivain ou du dessinateur et qui retiennent très facilement les corps gras et les liquides.

On plonge la feuille de zinc, après l'avoir dégagée de toute malpropreté, dans de l'eau de chaux ou autre dissolution alcalinê (carbonate de potasse, de soude ou d'ammoniaque) qui décompose complétement le fer et facilite, au contact de l'air, l'oxydation et la combinaison du plomb qui est contenu dans le zinc. On lave la planche à grande eau, on l'essuie avec un linge, et on la fait sécher très promptement en la plongeant dans de la sciure de bois blanc légèrement chauffée.

Manière de préparer la planche de zinc dessinée. — On prépare l'empreinte de l'écriture à l'encre et du dessin au crayon faite sur le zinc, par un lavage superficiel à l'eau saturée de chlorure de zinc ou d'un acide affaibli (nitrique, hydrochlorique, phosphorique) qui le rend insoluble, décape la portion non dessinée du métal et enlève l'oxyde qui la recouvre.

On lave ensuite la planche dans l'eau claire et on l'enduit aussitôt, avec un pinceau de putois, dit queue de morue, d'une décoction tiède et concentrée de noix de galle qui se fixe sur les parties qui n'ont point été dessinées, qui contracte avec elles une adhésion, une cohésion intime. Cette couche insoluble de tannin garantit le zinc du contact immédiat de l'eau et le rend plus susceptible de recevoir, sans altération sensible, l'eau et les liquides mucilagineux.

Pour imprimer proprement, et pour éviter ce qu'on appelle en terme d'imprimerie l'*empâtage* ou l'*empâtement*, il est essentiel de mouiller la planche convenablement, ni trop, ni trop peu, à l'aide d'une éponge fine, avec de l'eau rendue un peu visqueuse par la dextrine blonde, à laquelle on a ajouté un peu d'alcool pour la disposer à la dissolution.

La grande difficulté, nous le répétons, est de passer le rouleau d'impression sur toute la surface du dessin, de manière que l'encre ne s'attache qu'aux traits. On y arrive, cependant, avec un peu de pratique et de précaution. Une amélioration utile serait, nous le croyons, de recouvrir le rouleau d'une couche très légère de caoutchouc, et d'employer surtout une encre spéciale, comme nous l'avons dit précédemment, dans laquelle il n'entrerait que peu ou point d'huile cuite. Nous avons fait des essais qui nous permettent de prédire des résultats avantageux à qui voudra bien nous comprendre.

Le 4 juin 1834, M. Brugnot, géographe, a pris un nouveau brevet d'invention de quinze ans, pour un moyen de remplacer la pierre lithographique par le zinc. Ce brevet est exploité aujourd'hui par M. Kæpplin, imprimeur lithographe à Paris ; mais le seul procédé susceptible d'être breveté, ne peut consister que dans la formule ou composition propre à préparer ou aciduler le zinc.

A la rigueur, l'invention de cette composition, qui n'est autre chose que le résultat de la combinaison des trois acides (gallique, nitrique, hydrochlorique), peut être contestée à M. Brugnot, puisque M. Tudot avait dit, avant lui, en indiquant le mode de la préparation des pierres : « On essaiera les combinaisons d'acides, car les acides peuvent se combiner entre eux sans s'altérer, et donner naissance à de nouveaux acides doués de propriétés particulières. »

Il y a quelques années, M. Laurent, sous-préfet de Neufchâteau (Vosges), a imaginé un moyen tout différent de celui qu'on employait jusqu'à ce jour pour préparer ou aciduler le zinc, et le rendre propre à imprimer un grand nombre d'épreuves autographiques.

Il s'avisa, avant de transporter l'empreinte de l'au-

tographie, de laver la planche de zinc poncée avec de l'eau légèrement saturée d'acide hydrochlorique, de manière que cette dissolution marquât 2 à 3° à l'aréomètre. Il lavait cette planche à plusieurs eaux, l'essuyait bien avec un linge propre et doux et la faisait sécher promptement. Ensuite il transportait l'autographie par les procédés ordinaires; il acidulait et lavait de nouveau la planche de zinc, puis il la recouvrait d'une couche de gomme non acide et la faisait sécher devant un feu doux. Après cela, il imprimait comme à l'ordinaire.

Nous avons appris ce procédé par l'employé lui-même qui opérait la préparation et les tirages, et qui nous a affirmé qu'il avait imprimé avec facilité jusqu'à 3,000 circulaires, suivant le besoin du service administratif.

Il est facile de comprendre le but de l'acidulation préparatoire, qui a pour effet : 1° d'enlever et de dissoudre l'oxyde qui recouvre la surface du zinc, de se combiner avec lui pour former un chlorure de zinc soluble; 2° de décaper le zinc en attaquant sa surface, et produisant des cavités qui reçoivent et retiennent plus facilement les corps gras.

Emploi d'une planche de cuivre plané, et doublée d'une seconde planche de zinc laminé. L'assemblage de ces deux planches forme un véritable couple voltaïque, qui est très propre à l'impression lithographique, comme nous l'avons expérimenté nous-même.

La première idée de cette application appartient à M. Legey, ingénieur-opticien, qui a adressé ses premiers essais à la Société d'encouragement en 1833 (voir le *Bulletin* de cette Société, décembre 1834). Nous avons fait imprimer sous nos yeux, en 1840, un millier d'exemplaires sur une pareille planche qui avait été disposée par M. Legey lui-même dès 1834. Nous pouvons attester que les épreuves n'ont pas été inférieures à celles qu'on obtient journellement sur la pierre lithographique.

Manière de procéder : On prend une planche de cuivre planée, polie, et on la double d'une planche mince de zinc que l'on fixe, en retournant seulement les angles, sur la planche de cuivre, sans les souder, afin de conserver aux deux métaux la faculté de se dilater et de s'allonger sous la pression et selon la température.

On décape la surface du cuivre avec de la cendre de bois tamisée et délayée dans de l'eau, en frottant doucement, et toujours dans le même sens, avec un chiffon de linge ou d'étoupe. On essuie ensuite la planche avec un linge propre pour enlever la poussière qui, dans l'action du décapage, a sali sa surface; puis on décalque l'autographie, on l'acidule et on l'imprime par les procédés ordinaires.

L'effaçage de l'autographie s'opère avec de la cendre et de l'eau; mais on pourrait l'effectuer plus aisément et plus convenablement avec de la pierre ponce en poudre très fine et de l'essence de térébenthine : c'est un moyen que nous avons employé sur zinc et qui nous a réussi parfaitement.

Emploi des compositions pierreuses et calcaires. Senefelder avait pris un brevet, en 1819, pour diverses compositions de cette espèce; la Société d'encouragement lui a accordé, en 1820, une mention honorable, particulièrement pour cette invention (voir le tome XIX, p. 212).

Le 30 mars 1819, M. Joseph Guilloud et Laprevôte ont obtenu un brevet pour un procédé de fabrication d'une pierre factice pour la lithographie.

En 1838, M. Berhend a demandé un brevet d'invention, actuellement déchu, pour des pierres artificielles.

Nous donnons textuellement la composition d'après l'original du brevet lui-même, déposé au Conservatoire, et dont le titre seul est publié (voir la publication des Brevets expirés).

On prend : 1° caséine pure (la matière caséeuse du lait); 2° Albumine; 3° Céruse (carbonate de plomb); 4° Chaux vive; 5° Potasse ou soude caustique, 6° Sulfate de zinc ou de cuivre; 7° Alun cristallisé.

« On mêle toutes ces substances dans des proportions variables selon la dureté et la consistance que l'on désire donner à la masse pierreuse. On met une couche mince de cette masse sur une planche de zinc, de cuivre, d'étain ou sur une feuille de papier, et on la laisse sécher auprès du feu; ensuite on presse chaque planche qui est encore polie ou grenée. »

Nous empruntons au journal *le Lithographe* (4° année, page 226) la manière de traiter ces planches pour l'impression; mais le rédacteur en chef, M. Desportes, nous apprend que les détails lui ont été communiqués par M. Berhend lui-même.

« Lorsque le travail du dessinateur ou de l'écrivain est terminé, on fait subir un lavage d'alun à la planche, s'il y a eu des grattages pendant l'exécution. Ce lavage se fait en laissant la planche environ dix minutes dans un bain d'eau alunée, on la lave ensuite à grande eau, puis on l'acidule avec un peu d'acide hydrochlorique, étendu d'eau; c'est là le point le plus délicat et le plus important de l'opération, celui qui exige le plus d'expérience. Le degré de l'acide ne peut être indiqué que par le genre de travail confié à la planche artificielle; il faut tenir compte, 1° de la qualité de l'encre ou du crayon; 2° de la fermeté du dessin ou de l'écriture; le dessin à l'encre supporte une bien plus forte acidulation. On peut, par approximation, juger du degré de force de l'acide en en faisant tomber une seule goutte sur le bord de la planche; l'apparition de petites bulles, au bout de quelques secondes, indique généralement le degré nécessaire. C'est au praticien à estimer la rapidité du dégagement des bulles et de leur nombre suivant les circonstances. On ajoute à l'acide une dissolution de gomme arabique; on étend le mélange sur la planche et on le laisse ainsi trois ou quatre minutes.

« Après cette acidulation on lave la planche comme précédemment, et on la plonge dans une décoction de noix de galle contenue dans un vase assez étendu pour pouvoir la contenir tout entière. La planche reste dans ce bain deux ou trois heures; après, on la lave sans frottement, et on la couvre d'une forte dissolution de gomme arabique, à laquelle on ajoute une petite décoction d'acide gallique.

« Il est nécessaire que la planche reste dans cet état trois ou quatre heures.

« Pour encrer la planche artificielle de M. Berhend, on la fait tremper dans de l'eau; on l'essuie légèrement; on la pose sur une pierre lithographique calée dans la presse; on prend avec une éponge un peu d'essence de térébenthine et de l'encre d'impression délayées ensemble: on fait avec cette éponge de légères frictions sur la planche, jusqu'à ce que l'encre ou le crayon du dessin soit remplacé par l'encre de l'éponge. Pendant cette opération, il ne faut pas négliger de tenir de l'eau sur la planche; enfin, on passe légèrement le rouleau, et on tire les épreuves : la pression ne doit pas être forte, surtout pour commencer.

« Si la planche faisait mine de s'empâter, ce qui dénoterait une acidulation trop faible, il faudrait l'encrer à l'encre de conservation, et la couvrir avec la dissolution de gomme arabique mêlée à la décoction de noix de galle.

« Si, au contraire, le dessin prenait difficilement l'encre, défaut qui provient d'une acidulation trop forte, il faudrait le frictionner légèrement avec un morceau de flanelle ou de drap imprégné d'huile de pied de bœuf et d'encre d'impression. Pendant l'opération, il est essentiel de tenir la planche mouillée.

« Pour fixer ces planches sur la pierre pendant le tirage, on les enduit par derrière d'un mélange composé de parties égales de colophane, de térébenthine et d'esprit de vin. »

Dans la séance du 10 mai 1841, M. Kuhlmann, de Lille, a communiqué à l'Académie des Sciences un procédé pour la fabrication des pierres artificielles :

« On fait bouillir, dit-il, pendant deux heures, des tables de craie de 5 à 6 centimètres d'épaisseur dans une dissolution de silicate de potasse d'une densité de 1,15 à 1,20. La quantité de silice absorbée dans cette opération est celle qui se trouve dans le calcaire siliceux qui constitue la pierre lithographique naturelle, c'est-à-dire 5 à 6 pour 100 du poids de la pierre. L'auteur n'a pas indiqué le mode de préparation ou d'acidulation avant l'impression, et c'est là un point très important à connaître. Nous pensons, du reste, que cette préparation doit être un peu différente de celle qu'on emploie généralement sur la pierre ; et, à l'appui de notre opinion, nous pouvons citer les essais infructueux qui ont été faits par des lithographes distingués, sur les pierres calcaires et siliceuses que M. Petit a découvertes dans la commune de Mirecourt, département des Vosges. »

ÉCRITURE ET DESSIN SUR PIERRE.

A la plume. On emploie généralement pour écrire et dessiner sur pierre des plumes faites avec une lame d'acier très mince que chaque artiste taille avec un canif et une paire de ciseaux. On dissout l'encre lithographique dans un godet avec un peu d'eau, comme on le fait pour l'encre de Chine. (Voyez ENCRE LITHOGRAPHIQUE).

Au crayon. Le dessinateur emploie pour manier le crayon des porte-crayons en cuivre pour les teintes vigoureuses ; des porte-crayons en carton ou en roseau, ou même un cylindre de papier roulé autour du crayon, pour les demi-teintes.

Le dessinateur doit avoir aussi : 1° un grattoir pour rectifier les fautes qu'il peut commettre, enlever les *blancs vifs*, et nettoyer les marges de la pierre. Le grattoir doit être en acier ; sa forme varie selon l'idée du dessinateur.

2° Une *pointe*. C'est un instrument destiné à enlever du noir dans des parties trop vigoureuses. Il doit être en acier et monté sur un petit manche ; enfin, semblable en tout à celui dont se servent les graveurs.

3° Un *blaireau*, pour nettoyer la pierre. On doit avoir soin de le tenir très propre et éloigné des corps gras. Cette espèce de brosse ou pinceau sert à enlever la poussière et les morceaux de crayon qui pourraient tomber ou rester sur la pierre pendant le travail du dessinateur.

4° Un ou plusieurs *canifs* pour tailler les crayons.

5° Du *papier-verre*. Ce papier est destiné à faire la pointe du crayon lorsqu'elle est émoussée. Son usage évite l'emploi trop fréquent du canif et une perte de temps. Il faut que ce papier soit très fin.

6° Un *miroir*. Cet instrument varie selon la grandeur de la pierre qui doit recevoir le dessin : il est nécessaire au dessinateur qui copie toujours dans un sens inverse.

9° Des petits *pinceaux* en poil de blaireau (ou une plume d'acier), un bâton d'encre lithographique et un godet. Ces pinceaux sont destinés à donner des touches vigoureuses. Pour cela, on fait chauffer le bâton d'encre à la chandelle, et comme si l'on voulait cacheter une lettre ; lorsque l'encre est presque fondue, on porte le bâton dans le godet et on remue de manière à garnir les parois intérieures de cette encre ; ensuite, à l'aide d'une petite quantité d'eau distillée, on la fait dissoudre en remuant la solution au moyen d'un petit tube de verre ou avec le doigt : on obtient de suite de l'encre bien liquide. Si elle s'épaissit trop, ce qui arrive souvent dans l'été, on y ajoute une petite quantité d'eau distillée, en la faisant chauffer, et en agitant l'eau chaude avec le bâton d'encre qui se dissout et qui fournit l'encre liquide. Le mélange de cette encre avec le crayon offre des ressources précieuses pour le dessin, et particulièrement pour le genre du paysage ; mais il faut avoir soin de ne jamais l'employer que pour le trait, car on ne pourrait s'en servir pour faire un lavis. On doit avoir aussi le soin de laver son pinceau chaque fois que l'on s'en est servi : sans cela il serait perdu. (*Extrait du recueil de MM. Chevalier et Langlume*, page 58).

Taille-crayon mécanique pour dégrossir et affiler la pointe du crayon gras (fig. 1470). Ce taille-crayon suggérera peut-être à un autre plus habile l'idée de faire un meilleur instrument ; et comme le disait l'illustre inventeur de la lithographie, qui a cherché aussi un taille-crayon mécanique : « Si un autre le découvre avant moi, il aura de justes titres à la reconnaissance de tous ceux qui emploient le crayon lithographique, et il leur donnera beaucoup de facilité pour exécuter de bons ouvrages. »

A, A, bâtis ou supports dont le socle est muni d'un tiroir, dans lequel on renferme les crayons.

C, poulie à gorge adaptée sur axe horizontal, dont l'une des pointes *tourne à pivot* dans la vis creusée F, et dont l'autre extrémité reçoit la fraise ou taille-crayon E.

E, fraise ou taille-crayon, composé de quatre lames d'acier se coupant à angles droits et formant à l'intérieur un cône régulier, suivant la forme de la pointe que l'on veut donner au crayon.

D, grande roue que l'on met en mouvement à l'aide d'une manivelle pour faire tourner le taille-crayon E.

G, rainure dans laquelle on élève ou on abaisse l'axe de la grande roue D, pour tendre plus ou moins la corde à boyau qui transmet le mouvement à la poulie C ainsi qu'au taille-crayon.

L, règle servant de point d'appui à la main lorsqu'on veut tailler un crayon ; ainsi on tient le crayon de la main gauche, on enfonce l'une de ses extrémités entre les lames du taille-crayon E, et on tourne simultanément la manivelle de la grande roue D.

Les lames du taille-crayon E rabotent et débitent la pâte du crayon en copeaux minces, qui s'engagent en partie dans les intervalles à jours ménagés entre les lames contiguës. On enlève ces copeaux de temps en temps, pendant l'opération, à l'aide d'un pinceau en poils de sanglier. Cette précaution est indispensable pour éviter la cassure du crayon. On nettoie souvent les lames avec de l'essence de térébenthine, que l'on met avec un pinceau, et on les essuie bien avec un linge propre.

Comme les copeaux sont projetés autour du taille-crayon, en vertu de la force centrifuge, il est bon de les arrêter et de les recueillir ; pour cela, on pose la petite boîte en fer-blanc (fig. 1471), H I J, sur le taille-crayon, de manière que la rainure J glisse sur la règle R, et la fraise E s'engage ainsi dans le trou K.

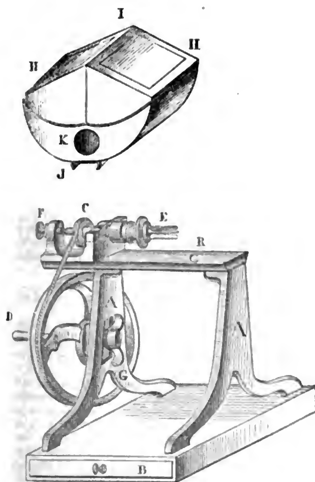
Au moyen de cette disposition, le taille-crayon est renfermé ; mais on peut toujours voir le travail, en regardant au travers des verres à vitre I, qui forment les dessus de la boîte.

On présente le crayon à la taille de la fraise, en l'engageant dans un petit trou pratiqué sur la face opposée au côté K.

Pour tailler les crayons carrés, on commence par les arrondir un peu, en les passant dans une espèce de filière, formée d'une plaque de cuivre portant un trou de la grosseur du crayon que l'on veut avoir. Cette plaque de cuivre est montée, avec des vis, sur un morceau de bois également troué dans toute sa longueur pour laisser passer le crayon arrondi.

Taille-crayon circulaire de M. Coursier, mécanicien (fig. 1472). Cet instrument sert spécialement à tailler les

crayons noirs à dessiner, le fusain, les crayons de mine de plomb et de pastel, et il remplit convenablement le but; le taille-crayon, proprement dit, consiste en deux limes circulaires E, juxtà-posées de manière à former un angle dans lequel on engage le crayon pour faire la pointe. Les organes qui donnent le mouvement



1470.

au taille-crayon sont les mêmes, d'ailleurs, que ceux du taille-crayon lithographique. On fixe cet appareil sur le dessus de la table à dessiner B en serrant la vis C. Antérieurement, M. Boucher, chef de bataillon au corps des ingénieurs géographes, a imaginé un taille-crayon composé d'une lime en plan incliné, qui se meut le long de ce plan, tandis que le crayon, placé suivant la longueur de la lime, tourne sur son axe (voir le Bulletin de la Société d'Encouragement, 1821, page 164).

Le bulletin de la même Société (1834, page 107), donne la description et le dessin d'un taille-crayon inventé par M. Lahausse; il consiste en une espèce de rigole angulaire ou demi-cylindrique en bois, dans laquelle est placée une seule lime.

Un artiste anglais a inventé aussi un taille-crayon, qui est composé de deux limes qui se réunissent longitudinalement, de façon à former un angle dans lequel, après avoir disposé le crayon, on le frotte légèrement en le tournant sur tous les côtés.

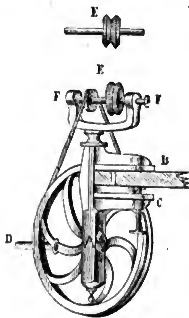
Au pinceau. L'écriture et le dessin au pinceau se font à peu près de même qu'on les fait à la plume, seulement on emploie une encre moins fluide et plus alcaline. D'abord l'écriture est tracée au crayon, de droite à gauche, en prenant ses espaces, et en commençant par la première lettre du premier mot de la ligne, et en finissant par la dernière lettre du dernier mot. Ensuite on recharge ou reprend les lettres au pinceau et à l'encre; mais on commence par le côté opposé, et on écrit le trait en allant de gauche à droite.

Avec le pinceau, on peut faire de suite les pleins; mais il est plus facile de se borner d'abord au trait délié pour faire plus tard le plein de la lettre.

Certains genres de dessins, l'architecture, l'ornement, les plans linéaires, par exemple, peuvent être exécutés au pinceau avec la perfection désirable et surtout avec une grande facilité.

Les pinceaux de martre brune que l'on emploie pour peindre la miniature et sur la porcelaine sont bons pour le dessin lithographique.

Mode d'effacer les dessins par les agents chimiques. En 1828, la Société d'encouragement a accordé une



1472.

médaille d'or à MM. Chevalier et Langlumé, pour un mode d'effaçage général ou partiel des dessins, au moyen d'une solution alcaline préparée avec 5 kilogr. d'eau et 500 gram. de potasse à la chaux (pierre à cautère). (Voir *Bulletin* de cette Société, novembre 1828, pages 357, 360).

Moyen d'employer cette solution, décrit par les auteurs eux-mêmes dans leur *Manuel de Lithographie*, page 156.

« La solution s'emploie de la manière suivante : pour opérer l'effaçage complet, on lave la pierre à grande eau, en se servant d'une éponge; on la recouvre ensuite de la solution alcaline, en se servant pour l'étendre, d'un chiffon fixé à un bâton. On laisse réagir pendant 4 ou 5 heures. Ce temps écoulé, on enlève, au moyen d'un chiffon, la liqueur qui a dissous le dessin; on lave la pierre avec de l'eau, on la laisse sécher, on recouvre une deuxième fois la pierre avec la préparation, on la laisse encore en contact pendant 4 heures, puis on répète le lavage. On peut encore aciduler la pierre après ce lavage, puis la passer à l'eau. Par mesure de précaution, on peut laisser séjourner davantage la liqueur sur la pierre avant de la laver. Lorsqu'on veut effacer une partie du dessin seulement, on lave la pierre à l'eau, puis on la laisse sécher; on trace ensuite au crayon les endroits à enlever; on la recouvre, en se servant d'un morceau de bois effilé, de la liqueur de potasse caustique; on laisse en contact, comme nous l'avons dit, et on continue l'opération de même que pour l'effaçage complet. On doit, lorsque la pierre est lavée, avoir soin de la faire bien sécher avant de dessiner de nouveau : le dessin ne tiendrait pas sans cette précaution. »

Quelques auteurs ont affirmé cependant qu'on ne peut effacer convenablement avec la préparation de MM. Chevalier et Langlumé. Le fait est exact, si l'encre qui recouvre le dessin à effacer est composée d'huile de lin seule, ou d'un corps gras, parmi lesquels l'huile de lin domine. Cette encre, étant anciennement apposée sur le dessin, est trop oxydée, et difficile alors à enlever en la saponifiant.

D'un autre côté, si le dessin est en relief, ce qui arrive souvent par suite d'une acidulation trop forte et de l'impression très prolongée elle même, il est indispensable de frotter la pierre avec du sable ou de la pierre-ponce pour unir sa surface.

Autre moyen d'effaçage, par M. Knecht, auquel la Société d'encouragement a décerné une médaille d'or en 1828 (voir *Bulletin* de septembre 1828, page 356).

Ce moyen, applicable principalement à l'effaçage partiel d'un dessin, consiste à enlever avec de l'essence de térébenthine la partie du dessin qu'on veut effacer, en y revenant à plusieurs reprises et jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus de traces anciennes; on lave ensuite à l'eau simple, on acidule avec du vinaigre la partie nettoyée avec de l'essence et de l'eau; on laisse sécher la pierre, et on raccorde ou on termine le dessin.

Il faut avoir soin surtout de ne pas attaquer la partie dessinée qui ne doit pas être effacée, et de ne dessiner sur la pierre que lorsqu'elle est bien sèche.

Senefelder avait déjà indiqué, dans son ouvrage, le moyen d'effacer les dessins avec de l'essence et du vinaigre, et nous saisissons avec empressement cette occasion pour restituer l'invention à son véritable auteur.

Autres moyens d'effacer des dessins incisés ou gravés en creux dans la pierre. (Extrait d'un rapport fait à la *Société d'encouragement*, par M. Gauthier de Claubry. Voir le *Bulletin* de décembre 1830).

« L'acide acétique enlève bien les traits superficiels; mais il pénètre mal dans le fond des tailles profondes, et enlève difficilement la portion du dessin sur laquelle il agit.

« L'acide sulfurique attaque fortement la pierre, la recouvre d'une couche mince de sulfate de chaux, sur lequel on grave mal ensuite.

L'acide nitrique efface bien, mais il donne à la pierre un grain particulier; son action doit être prolongée quelque temps.

« L'acide hydrochlorique efface avec la plus grande facilité; les traits les plus fins disparaissent et la pierre ne change pas de grain dans le point attaqué; l'action de cet acide demande à être bien dirigée pour ne pas attaquer la pierre.

« Mais l'acide phosphorique enlève parfaitement le dessin; son action est modérée, facile à borner aux points où il est nécessaire de la produire, et le grain de la pierre n'est pas changé. C'est cet acide que MM. Knecht et Girardet avaient indiqué, et dont ils font usage dans la correction de la *Flore du Brésil.*

« Il est nécessaire que la pierre soit mise préalablement à l'encre grasse avant d'enlever à l'essence le dessin qui est tracé, et détruire ensuite, par le moyen de l'acide, les traits à remplacer. Par ce moyen, on ménage les parties environnantes et on ne risque pas de fatiguer la planche.

« La potasse ne produit que très difficilement un effet sur la pierre incisée; elle n'attaque que très peu le fond des tailles, son usage aurait d'ailleurs l'inconvénient d'être long. »

Senefelder avait dit aussi, dans son ouvrage, p. 147, que l'acide phosphorique est encore meilleur que l'eau forte pour effacer; et la *Société d'encouragement* a accordé, en 1830, un prix de 1,000 fr. à MM. Knecht et Girardet, *pour l'emploi de cet agent à effacer*, sans même citer Senefelder, le premier inventeur.

GRAVURE EN CREUX A LA POINTE SÈCHE.

Procédé décrit par MM. Chevalier et Langlumé. « On choisit une pierre grise, d'une pâte bien homogène et dure et dont les deux faces sont parfaitement unies; on la polit à la pierre ponce. Lorsqu'elle est bien poncée, on l'acidule comme s'il y avait un dessin dessus; on laisse agir la préparation pendant 25 à 30 minutes, on la lave ensuite à grande eau, et on la laisse égoutter un moment; on la gomme très légèrement une seconde fois avec une éponge pour ne pas éprouver de peine en faisant agir le burin, qui, sur une couche épaisse, glisserait et n'atteindrait pas. Il faut que cette couche soit seulement assez forte pour que la main ne puisse l'enlever entièrement, lorsqu'on l'appuie dessus, et que le souffle (l'haleine) ne la détrempe pas. Lorsque la gomme est sèche, ce qui ne demande que quelques instants, on la noircit et on la rougit (selon la volonté de l'artiste) en jetant sur la couche de gomme de la poudre de sanguine, de vermillon ou de noir de fumée; à l'aide d'un léger frottement, et en se servant de coton, on étend la couleur sur toute la surface; elle est nécessaire pour qu'on puisse apercevoir le travail que fait la pointe. On procède ensuite au décalque du dessin, en se servant d'une encre opposante à celle qui est sur la pierre, en passant sur tous les traits du dessin avec une pointe émoussée, afin de ne pas égratigner la couleur de gomme ou la pierre; on peut aussi, et sans faire de décalque, tracer directement son dessin sur la pierre. (Voy. DESSIN).

« Le calque terminé, ou l'esquisse faite au crayon, le dessinateur, muni de pointes et de burins de différentes sortes, grave son dessin, qui doit paraître en blanc, pour faire opposition à la couche noire ou rouge. Il faut avoir soin de ne pas trop creuser les lignes fines. Sans cela, le dessin ne viendrait pas au tirage, le papier ne pouvant pénétrer au fond de ces lignes. Les lignes larges se pratiquent, soit avec un burin qui donne d'une seule fois toute la largeur du trait, soit avec de petites pointes, en y revenant à plusieurs reprises. A mesure que l'on grave la pierre, il y a production de poussière blanche, qu'on doit enlever, soit avec une petite brosse, soit avec un blaireau, ou bien encore en soufflant dessus avec un soufflet; il ne faut pas se servir de l'haleine, dans la crainte de donner au travail une humidité qui lui serait nuisible. Lorsqu'on s'occupe de graver sur pierre, il faut éviter de laisser tomber sur la pierre, en travaillant, des corps gras, et même d'y porter les mains. Le travail, lorsque la pierre a été salie par de la graisse ou de l'huile, devient très difficile; la pointe est sujette à glisser et peut donner lieu à des accidents dans le dessin; en outre, la couche de gomme étant très mince, elle peut être pénétrée par le corps gras, ce qui, lors du tirage, donnerait lieu à des taches.

« On doit aussi éviter de laisser tomber de l'eau sur la pierre, ou de la mouiller de toute autre manière; l'eau dissolvant la gomme, la solution pourrait s'introduire dans les traits et les rendre impropres à prendre le noir. La gravure sur pierre offre quelques difficultés pendant les temps froids. La pierre plus froide que la température du lieu, se couvre d'eau qui dissout la gomme et donne lieu à des accidents qui empêchent le travail. On doit donc, pour éviter ces accidents, tenir la pierre dans un lieu dont la température soit égale, afin que l'eau ne se condense pas sur la surface de la pierre et ne dissolve la gomme.

Corrections. « Il est difficile de corriger les faux traits qui auraient pu échapper à l'artiste dans la gravure de la planche. On est obligé, pour ces corrections, de gratter; et si l'on n'y prend garde, on forme alors une concavité dans laquelle on trace une partie du dessin qui ne vient pas au tirage : pour éviter cet inconvénient grave, il faut donc avoir soin de gratter légèrement, en

prenant d'un peu plus loin, pour venir en mourant, afin de ne point faire un trou, mais seulement une concavité peu apparente, peu sensible; lorsque le grattage est terminé, on acidule l'endroit gratté, à l'aide d'un petit pinceau; on gomme ensuite, et lorsque la couche gommeuse est sèche, on noircit ou rougit cette place, et on raccorde à la pointe le dessin pour le lier aux parties environnantes. Si on ne devait pas faire de dessin à la place qui a été grattée, il faudrait seulement passer un peu de préparation qui empêcherait les faux traits, qu'on aurait effacés, de prendre le noir lors du tirage.

De l'encrage de la pierre. « Avant de procéder à l'encrage, il faut s'assurer que la pierre n'est point humide. On prend une encre faite avec un vernis léger (l'encre qui sert pour les écritures), on y ajoute un peu de suif et de noir de fumée; on broie le tout sur un marbre avec un couteau à palette, on le passe le plus promptement possible sur toute la surface de la pierre avec une petite brosse à peindre; on fait entrer ce noir dans les traits de la gravure; ensuite on prend un morceau de flanelle trempée dans l'eau de gomme, on frotte légèrement la surface de la pierre, et tout le noir ou le rouge disparaît par ce lavage; le dessin qui avant cette opération se détachait en blanc sur un fond de couleur, se détache alors en noir sur un fond blanc. »

GRAVURE EN CREUX A L'AIDE DE LA MACHINE DITE A GUILLOCHER.

Ce genre de gravure consiste à reproduire avec des lignes d'une régularité mathématique, des fonds de ciel, des eaux, des grisés de plusieurs genres, des moirés, des hachures dans tous les sens, des ondulations, des portraits, des cercles et des ellipses concentriques et excentriques tellement rapprochés et si ténus qu'il est souvent difficile, pour ne pas dire impossible, à l'œil le mieux exercé de pouvoir les compter. Ces dessins peuvent être imprimés soit au moyen de la presse lithographique, soit à l'aide de celle employée dans l'imprimerie en taille-douce.

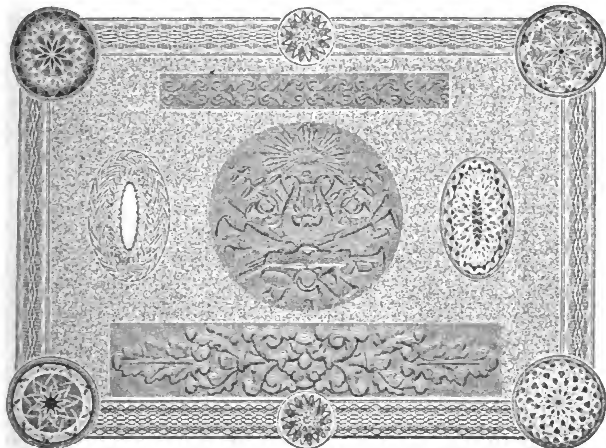
Le dessin (fig. 1473) réunit quelques-uns des effets que l'on peut produire par ce genre de gravure d'une exécution très facile et très prompte. La matrice *ou le type* de ce dessin a été gravé d'abord en creux sur une pierre dure de Munich, à l'aide d'une machine à guillocher, considérablement simplifiée et perfectionnée par M. Neuber, très habile mécanicien. Sur ce type, on a tiré une épreuve qu'on a transportée ensuite sur une seconde pierre lithographique; puis M. Neuber a préparé et gravé, à l'aide de l'acide nitrique, le dessin en relief, qui a été cliché par les procédés ordinaires.

GRAVURE EN RELIEF AU MOYEN DES ACIDES.— Dufay décrivit le premier, en 1738, le procédé à suivre pour ce genre de gravure (comme nous l'avons dit précédemment). C'est le même procédé que Senefelder a ressuscité, en 1796, et qui se trouve compris dans le brevet d'invention qu'André a pris en France en 1802.

En 1810, Duplat a demandé un brevet pour un autre moyen de gravure qui comprend les opérations suivantes :

1° La méthode de vernir la pierre calcaire, ce qui s'exécute absolument de la même manière qu'on le pratique pour les planches en cuivre; mais, au lieu d'enlever à la pointe le dessin qu'on a décalqué sur la pierre, on fait disparaître au contraire tout ce qui doit rester blanc à l'impression, et on ne laisse que le trait;

2° La manière de faire mordre au moyen de l'acide nitrique affaibli au point de ne marquer que 2° à l'aréomètre de Beaumé. Quand les parties serrées du dessin que l'on fait mordre sont assez profondes, on lave la pierre dans l'eau claire; on enlève le vernis avec de l'essence; on laisse bien sécher cette pierre, on la recouvre ensuite avec du vernis en liqueur pareil à celui dont se servent les graveurs en taille-douce, et on recommence à faire mordre, jusqu'à ce que chaque partie soit arrivée à la profondeur désirée. On recouvre ainsi de suite toutes les parties, dont les blancs ne sont



1473.

pas suffisamment profonds ; on les creuse encore à l'échoppe ou au burin d'une quantité suffisante pour que l'imprimeur, avec ses balles, ne puisse atteindre le fond de la gravure, ce qui noircirait le papier.

Comme on voit, le procédé de Duplat diffère peu de celui déjà décrit par Dufay, et il lui est même inférieur sous le rapport de la promptitude et la sûreté des opérations. On comprend aisément qu'il est plus long et plus difficile de creuser la pierre avec un burin, comme l'a fait Duplat, que de dessiner et d'écrire dessus avec un pinceau ou une plume, comme Dufay l'a pratiqué.

Au résumé, le point difficile de la gravure en relief est de composer un vernis susceptible de s'employer facilement, de s'attacher fortement à la pierre, et de

« On y ajoute peu à peu 62 grammes de poix grecque, ou asphalte réduit en poudre fine (1).

« On laisse cuire le tout jusqu'à ce que le mélange soit bien fait : on retire alors le vase du feu ; on le laisse un peu refroidir, et on verse la matière dans l'eau tiède, afin de la manier facilement : on en fait de petites boules que l'on dissout au fur et à mesure du besoin dans de l'essence de lavande en quantité suffisante pour obtenir un vernis du degré de consistance convenable.

« Ce vernis s'applique avec la plus grande facilité sur la pierre, en se servant du rouleau à la manière ordinaire. Quand la quantité que l'on juge convenable y a été fixée, on borde la pierre avec de la cire comme



1474.

ne pas se détacher par l'action de l'acide ; en un mot, le meilleur moyen consiste à dessiner et à écrire à la manière lithographique ordinaire sur la pierre, à couvrir les traits avec un vernis, à attaquer ensuite celui-ci par le moyen d'un acide, et à obtenir des traits assez en relief pour qu'il soit possible d'en tirer des épreuves.

Voilà le problème que M. Girardet a résolu, et pour lequel la Société d'Encouragement lui a décerné un prix de 2,000 francs en 1831 (voir le rapport fait à la Société d'Encouragement par M. Gauthier de Claubry, *Bulletin* de décembre 1831).

« C'est à la confection d'un vernis facile à préparer et peu coûteux, dit le rapporteur, qui s'applique avec une grande facilité sur le dessin lithographique et qui adhère tellement à la pierre qu'il peut supporter l'action d'un acide assez fort pour la creuser profondément sans qu'il s'en détache, même dans les plus petits détails, que M. Girardet a dû le succès qu'il a obtenu.

« Voici le procédé qu'il a suivi pour sa préparation. On fait fondre dans un vase neuf en terre vernissée en dedans :

62 grammes de cire vierge,
16 grammes de poix noire,
16 grammes de poix de Bourgogne.

pour une eau-forte, et on verse dessus de l'eau à la hauteur de quelques lignes, puis de l'acide nitrique étendu d'eau en quantité suffisante pour que l'action ne soit pas trop vive ; au bout de cinq minutes, la liqueur ayant été retirée et la pierre lavée, on la laisse sécher et on passe de nouveau le rouleau imprégné du même vernis, de manière à bien garnir les caractères ou les traits du dessin, et, après qu'elle a été bordée de nouveau, on l'acidule une seconde fois, pendant trois à quatre minutes, et on lave comme la première fois.

« Par cette seconde application, le vernis, qui adhère fortement aux traits, forme un relief assez considérable pour que l'on puisse tirer des épreuves à sec.

« Les essais faits en présence de vos commissaires ont prouvé que des traits faits sur une pierre et encrés avec le vernis dont nous nous occupons viennent dans toute leur intégrité, lorsqu'après l'action de l'acide

(1) La recette de ce vernis est exactement la même que celle qui a été publiée en 1773 dans un livre intitulé : *L'Art de graver au pinceau, par Stapart*, qui l'avait puisée, comme il l'avoue lui-même, dans l'*Encyclopédie*. C'est ce qui a fait dire, depuis, à plusieurs auteurs, que M. Girardet n'avait rien inventé.

leur relief leur permet d'agir comme caractères typographiques.

« Ainsi, on peut dessiner sur la pierre une carte de géographie ou tout autre objet, y tracer des lettres ou des chiffres, écrire ou dessiner sur papier autographique et faire le transport sur pierre, puis donner ensuite aux traits une saillie qui permette de mouler le tout et de le clicher avec la plus grande solidité. »

M. Tudot, dans son *Traité de Lithographie*, 1834, page 124, ajoute :

« Mais il est indispensable, après avoir fait mordre, de retoucher au dessin avec un burin, pour donner de la netteté à quelques traits, et avec l'échoppe de creuser dans les parties larges pour obtenir un bon cliché.

«L'acide hydrochlorique serait peut-être préférable à l'acide nitrique, en ce qu'il agit d'une manière plus uniforme. »

Depuis quelques années, M. Tissier, chimiste distingué, a perfectionné les procédés chimiques de la gravure sur pierre, et nous sommes heureux de publier un de ces travaux (fig. 1474) qui met nos lecteurs à même de juger le degré de perfection auquel il est parvenu. Disons, en passant, que la gravure sur pierre, exécutée par ses procédés, présente une économie d'au moins 30 p. 100 sur la gravure sur bois; et voici les perfectionnements qu'il a imaginés pour arriver à ce résultat.

Il débite mécaniquement les pierres suivant la grandeur du dessin et la hauteur que le type doit avoir pour être imprimé avec des caractères typographiques. L'artiste lithographe dessine sur la surface polie de la pierre à la manière accoutumée, et M. Tissier applique sur ce dessin, par un procédé qui lui est propre, un vernis très adhérent ; ensuite il fait mordre la pierre pendant un temps plus ou moins prolongé suivant la nature du dessin, avec une préparation qui est, dit-on, composée d'acide pyroligneux rectifié, d'acide hydrochlorique et d'alcool en proportions définies ; puis il lave la pierre et la fait sécher.

Lorsque la pierre est parfaitement sèche, il applique sur le dessin une deuxième couche d'un vernis liquide qu'il étend sur les deux côtés des traits en relief par des procédés particuliers : les uns assurent qu'il étend d'abord le vernis avec un rouleau de gélatine et qu'il le fait fondre ensuite sur les côtés des traits par l'action d'un fer à repasser chaud qu'il promène sur toute la surface de la pierre ; les autres prétendent, non sans raison, qu'il emploie des femmes dont le travail consiste à étendre le vernis avec un pinceau.

Cela fait, M. Tissier fait mordre la pierre une seconde fois, puis une troisième, et quelquefois même une quatrième, en ayant soin de bien recouvrir chaque fois les traits en relief avec du vernis. On peut compter facilement le nombre des morsures qu'il emploie par le nombre des crans ou escaliers qui sont formés sur les deux côtés des traits.

Enfin, M. Tissier fait clicher ses gravures par les procédés connus ; généralement les gravures elles-mêmes sont imprimées avec les textes sous la presse typographique.

Le procédé de M. Neuber diffère un peu de celui de M. Tissier. Ainsi M. Neuber fait mordre la pierre d'un seul coup en la trempant dans un bain d'acide nitrique marquant de 3 à 5° suivant la nature du dessin (3° pour les dessins fins et légers, et 5° pour les dessins plus larges et plus fermes) et à la température moyenne de 15 à 16°. La dureté plus ou moins grande de la pierre influe beaucoup aussi sur le degré de la préparation. On laisse agir l'acide pendant un temps variable de 5 à 25 minutes, en ayant égard à la nature du dessin, au degré de dureté de la pierre et au relief qu'on veut avoir ; on surveille pendant ce temps l'action de l'acide; on enlève et détruit, avec la barbe d'une plume, les bulles qui se forment à la surface de la pierre.

Lorsqu'on croit que l'acide a agi suffisamment, on retire la pierre du bain, on la lave dans l'eau propre et on la fait sécher.

M. Neuber emploie un vernis particulier, mais dont les principes constituants sont toujours, quoiqu'il ne les dise pas : la cire en plus grande quantité, le suif, la poix noire de Bourgogne, la colophane et le bitume de Judée purifié que l'on fond ensemble sur un feu doux.

DESSIN AU LAVIS. *Imitation de l'aquatinta.* Sénéfelder a encore indiqué, dans son ouvrage, les principes essentiels de ce genre de dessin, et nous allons donner un aperçu des différents perfectionnements qui ont été apportés depuis.

En 1819, Engelman a pris un brevet pour un moyen de faire des dessins au lavis, en appliquant successivement les différentes teintes dégradées sur la pierre préparée, comme pour le crayon, au moyen d'un tampon fabriqué avec de la peau de mouton blanche que l'on remplit de coton, en laissant le côté de la chair à l'extérieur. On étend préalablement une légère couche de gomme, avec un pinceau, sur les parties claires que l'on veut réserver.

Lorsque la gomme est sèche, on frotte le tampon dans une encre lithographique mêlée avec de la térébenthine de Venise (voir sa composition dans le tome XI des Brevets expirés, page 287); on l'essuie sur une pierre lithographique pour enlever l'excédant de l'encre. Quand le tampon ne retiendra plus que l'encre nécessaire au ton local que l'on veut donner au dessin, on commence à tamponner les teintes du fond.

Lorsque les teintes du fond sont sèches, on passe une seconde couche de gomme sur ces teintes, et on renforce les autres, en les tamponnant de nouveau jusqu'à ce qu'elles aient atteint le ton désiré ; aussitôt qu'elles sont sèches, on lave toute la pierre pour enlever la gomme. On la laisse sécher parfaitement, et on dessine ensuite par-dessus les teintes tamponnées avec un crayon lithographique.

M. Devéria s'est avisé depuis de faire des dessins au lavis, en lavant d'abord la pierre avec une encre lithographique ; puis il a modifié les teintes foncées, posées du premier jet sur la pierre, en les usant avec un chiffon de flanelle (1).

De son côté, M. Dorschwiller a fait une application heureuse au dessin au crayon du procédé d'enlevage employé par M. Devéria, en enlevant le crayon fixé sur la pierre avec du papier végétal ; cet artiste distingué, doué d'une persévérance admirable, est parvenu, avec succès, à modifier les teintes, et, ce qui est plus difficile encore, à les faire avec précision. Voici en quoi consiste son moyen : On prend un morceau de papier végétal ; on l'applique sur le dessin ; et avec une pointe en bois on trace sur ce papier les parties que l'on veut enlever, en appuyant assez pour le faire adhérer au crayon ; on soulève alors le papier pour emporter la portion du crayon qui s'y est attachée ; on reporte ensuite une partie blanche du papier sur le contour ; et on recommence à frotter avec la pointe en bois pour enlever une nouvelle partie de crayon, et on répète plusieurs fois la même opération jusqu'à ce qu'on soit parvenu à enlever convenablement le crayon. La transparence du papier permet de tracer plusieurs fois à peu près dans le même contour.

Le principal mérite de ce procédé est de ne pas détruire le sommet des aspérités du grain et d'éviter le frottement que la flanelle exige pour enlever le crayon auquel elle adhère trop. Seulement il ne faut pas chercher à enlever le crayon d'une seule fois en

(1) Ce moyen est dû, dit-on, à M. Motte, imprimeur lithographe, et M. Lemercier a inventé le procédé de laver la pierre avec le crayon dissous dans l'essence de térébenthine.

appuyant fortement, parce que, au lieu de s'attacher davantage au papier, le crayon ne fait que pénétrer plus profondément dans le grain de la pierre, et on ne peut plus l'enlever.

« Au lieu du chiffon de flanelle employé par M. Dovéria pour modifier les teintes lavées du premier coup sur la pierre avec de l'encre lithographique, quelques artistes font usage de brosses à peindre coupées à la longueur de 4 à 5 millimètres. On emploie aussi des patrons découpés pour couvrir les parties qu'on craint de salir, et on brosse plus ou moins fort, suivant qu'on veut éclaircir. Ainsi que pour les flanelles, plus les brosses sont propres et mieux on éclaircit les teintes; la brosse agit plus efficacement sur les parties claires; la flanelle suffit pour user les tons foncés. Avec l'un ou l'autre de ces moyens, lorsqu'on a obtenu une ébauche convenable, on continue l'exécution du dessin en reprenant l'encre et les pinceaux pour faire les détails; s'ils se détachent en vigueur sur un fond clair, on les fait à l'encre, et pendant que la touche d'encre est encore humide on peut, avec un petit chiffon de toile, enlever l'encre en quelques parties et les modeler. Les détails faits avec une couche d'encre épaisse se modifient aisément; si ces détails se détachent en clair sur un fond vigoureux, on ne prend que de l'eau dans le pinceau, on silhouette la partie qu'on veut enlever en clair et aussitôt l'encre est amollie; on l'enlève avec un morceau de toile, en s'y prenant de la même manière qu'avec la flanelle; enfin, on termine en enlevant avec le grattoir des lumières vives que la teinte générale n'a pas permis de conserver. »

Tel est l'exposé du moyen de faire un dessin au lavis avec l'encre lithographique qui, suivant M. Tudot, réussit le plus souvent; mais il faut qu'il soit employé par des artistes d'une adresse extraordinaire; ce moyen ne laissant que la facilité de dégrader un ton sans permettre de l'effacer entièrement et d'en refaire un autre à la place.

En 1831, M. Gingembre a publié des lithographies lavées, par un procédé analogue et plus sûr, sur une pierre grise de Munich, avec un pinceau et deux encres d'une composition différente. Nous allons indiquer le procédé publié par l'auteur lui-même (voir *Manuel de Lithographie*, de Tudot, 1834, page 152).

« On peut employer deux espèces d'encre pour le lavis : 1° l'encre de M. Lemercier pour les teintes claires, parce qu'il est facile de la modifier, de la modeler et même de l'enlever presque entièrement; la teinte légère qui adhère à la pierre est fine et transparente, et ne peut nuire; 2° l'encre de M. Desmadryll pour les teintes vigoureuses. On l'applique, en dernier lieu, quand il reste peu de chose à faire; elle présente l'avantage de ne point s'empâter au tirage, et les noirs conservent de la transparence sans perdre de leur vigueur. »

La teinte d'encre est enlevée ou étalée, soit à l'aide d'une brosse à peindre le velours, soit à l'aide d'une estompe de flanelle; enfin, les demi-teintes et les blancs s'obtiennent à l'aide du grattoir.

Manière noire, par M. Tudot (1). La manière noire de M. Tudot consiste à couvrir de crayon la surface de la pierre, puis à diminuer la quantité de crayon formant un ton uniforme noir, pour en obtenir la dégradation jusqu'à la teinte la plus claire (voir son *Traité de Lithograhie*, 1834, p. 178).

Les principaux moyens d'enlever le crayon de la surface de la pierre sont :

1° La flanelle;

2° L'égrainoir, espèce de *gratte-bosse* de doreur, composée de fils d'acier très minces, désignés dans le commerce sous le nom de cordes de Nuremberg;

3° Les pointes en buis et en ivoire.

M. Lemercier s'est approprié, en 1842, le genre de lavis inventé en 1838 par M. Hummandel de Londres, mais il l'a tellement changé, qu'il peut, sous beaucoup de rapports, être considéré comme inventeur.

Pour parvenir à imiter le lavis, ou plutôt l'aqua-teinte au pinceau, ce qui est plus vrai, cet artiste habile a imaginé de laver la pierre grenée et préparée avec une encre composée, dit M. Boquillon (1), « de différents corps intimement mélangés, mais non combinés, avec une substance d'une extrême divisibilité, et facilement attaquable par l'acide employé à la préparation de la composition, ou pouvant s'éliminer par le lavage. Les doses de cette substance varient avec la nature du dessin à faire, et plus elle est abondante, moins l'épreuve a de vigueur. »

Cette substance, extrêmement divisible, est tenue secrète par l'auteur; mais les lithographes les plus érudits prétendent que ce n'est pas autre chose qu'une solution de savon plus ou moins concentrée. Quelques-uns assurent que cela pourrait être aussi bien du carbonate de soude ou de potasse. D'autres disent qu'on pourrait faire des aqua-teintes au pinceau, en lavant la pierre soit dans une composition de galipot ou de résine ordinaire et d'arcanson, que l'on fait dissoudre à froid dans quatre fois son volume d'alcool anhydre, soit avec une espèce d'encre lithographique, à laquelle on mêlerait, en proportions définies, du sable fin ou de la pierre-ponce très fine, ou de la poussière de pierre lithographique ou de cendre tamisée, ou des os de mouton calcinés et pulvérisés, etc. Disons, à notre tour, que ce dernier moyen se rapproche beaucoup de celui employé ordinairement par les graveurs en taille-douce pour faire des fonds d'aqua-teintes; et tout porte à croire qu'il pourrait être employé ainsi et fort utilement sur la pierre et sur le zinc, sauf à achever ensuite le dessin par les procédés ordinaires de la gravure à l'aqua-teinte. Nous doutons cependant que ce moyen soit goûté par les artistes lithographes, habitués seulement à dessiner avec une plume ou un crayon sans jamais s'occuper de faire mordre la pierre par l'acide.

Au résumé, nous répétons qu'avec le lavis sur pierre il est difficile de produire un nombre d'épreuves un peu considérable, et dans un état de perfection satisfaisant. M. Lemercier lui-même se rend à cette opinion, et il ne s'occupe même aujourd'hui que de vulgariser le dessin à l'estompe, qui offre beaucoup plus de ressources sous le point de vue de l'art et peu ou point de difficultés à l'impression.

Dessin à l'estompe. — La première idée du dessin à l'estompe appartient encore à Senefelder, qui a décrit ses premiers essais dans son *Traité*, page 257. Son crayon était composé de vitriol (sulfate de protoxyde de fer), de tartre (tartrate acide ou bi tartrate de potasse) et de noir de fumée. Il dessinait sur une pierre polie, grossièrement préparée avec de l'acide nitrique et une infusion de noix de galle, lavée et séchée, avec une estompe en papier frottée de ce crayon.

Le dessin fait, il opérait comme nous l'avons dit plus haut.

Le crayon de M. Lemercier, au contraire, est très dur et formé de plusieurs corps gras résineux unis ensemble par la cuisson. Nous n'en connaissons pas bien au juste la composition, et nous n'avons pas même besoin de la connaître ou de la faire connaître aux ar-

(1) En 1831, la Société d'Encouragement a décerné à M. Tudot un prix de 2,000 fr., pour l'emploi des instruments qui concourent à son exécution.

(1) Voir ses études techniques sur l'exposition de l'industrie en 1844, publiées dans la Revue scientifique et industrielle de Quenesville, 8 octobre 1845.

tistes, puisque M. Lemercier, mû par un sentiment de générosité digne des plus grands éloges, donne ses crayons à qui veut dessiner, et ne les vend jamais. Cependant nous croyons devoir dire en passant qu'on peut fabriquer chez soi des crayons propres à l'estompe, avec de la bougie stéarique à laquelle on mêle à chaud du noir de fumée en quantité pour colorer, ou avec du crayon noir de Conté que l'on imprègne de suif de mouton et d'un peu de savon, en les faisant bouillir dans cette solution pendant un certain temps.

Dessin au frottis avec des lumières ou rehauts en blanc et en relief, par M. Lemercier. Vous décalquez le dessin sur une pierre, acidulée et enduite d'un vernis mou, dans lequel on mêle du suif, ou du mastic en larmes, ou du vernis gras au copal. Le vernis étant un peu transparent, laisse voir le dessin; et l'artiste dégrade les blancs à l'aide d'un grattoir; l'imprimeur fait mordre ensuite la pierre par l'acide nitrique plus ou moins fort et à plusieurs reprises, afin d'obtenir des blancs plus ou moins en relief; les fonds de ciel, s'il y en a, sont faits en dégradant la couche de vernis, soit avec de la pierre-ponce en poudre, soit, ce qui vaut mieux, avec de la sèche; puis, à l'aide du crayon d'estompe, on modèle tous les nuages que l'on veut avoir en vigueur, et, au moyen du grattoir, on enlève les parties que l'on veut produire en blanc.

Au moyen de points de repères et de deux impressions successives, on obtient des estampes qui semblent faites à l'estompe avec des rehauts en relief mis au pinceau.

TRANSPORT *des écritures ou dessins à la plume ou imprimés.* On fait remonter seulement jusqu'à Senefelder l'emploi de ce procédé. Cependant un usage antérieur en avait été fait en France, vers l'an 1642, par Bosse, graveur du roi, pour composer des planches différentes, propres à imprimer des estampes en plusieurs couleurs (voir son livre de la manière de graver à l'eau forte, édit. de 1778, pages 165 et 173).

Sénéfelder a inventé, cependant, et c'est là le point important, la meilleure manière de faire les transports, *au moyen du papier autographique et d'une encre spéciale*, etc. Nous donnerons plus loin les préparations du papier autographique que l'on peut adopter avec assurance.

Procédé pour transporter sur pierre des gravures en taille-douce, des gravures sur bois, des caractères typographiques, etc., par M. Kœpplin (extrait d'une note adressée à la Société d'encouragement, par l'Auteur lui-même; voir *Bulletin* de 1842, page 223). — « Voici comment je procède : je fais les épreuves des planches-mères, soit lithographiques, soit typographiques, avec de l'encre grasse ordinaire, dite de transport; c'est-à-dire une encre qui n'a rien de particulier de celle des autres lithographes; je n'ai donc pas besoin de la décrire ici, puisque ces encres sont connues. Quant aux épreuves-mères, de taille-douce, je les fais avec une encre grasse que je compose expressément pour ce travail, afin que les tailles qui ont une certaine épaisseur ne soient pas écrasées par la pression au moment du décalquage. »

« Cette encre est composée de 12 parties de cire, 4 p. de cire, 4 p. de savon d'huile, 16 p. de colophane, 12 p. de vernis lithographique faible.

« Je fais fondre tous ces ingrédients ensemble, et je broie le tout avec du noir de Francfort qui me sert à tirer mes gravures. Après avoir mis mes épreuves-mères sur du papier autographe, je fixe sur une feuille de papier ordinaire, avec de la colle à bouche, ces différentes épreuves, à la place qu'elles doivent occuper; je porte alors le tout sur la pierre lithographique, et je fais le décalque, et le reste de l'opération, comme pour une simple autographie. »

Diverses manières de contre-épreuver des estampes anciennes. On lit dans le *Traité pratique de la gravure*, par Papillon (édit. de 1766), la méthode suivante, qui est excellente pour contr'épreuver :

« On prend du savon de Venise qu'on coupe en petits morceaux, une pareille quantité de cendres de bois de chêne, et autant de chaux vive (1); on fait bouillir le tout dans un pot, on frotte légèrement avec une plume trempée dans cette liqueur, l'estampe dont on veut tirer la contre-épreuve; on aura aussi préparé une feuille de papier. Lorsqu'elle est bien humectée, on l'applique sur l'estampe, et on la met sous la presse d'un imprimeur en taille-douce; à défaut de la presse on peut se servir d'un *lissoir*. »

Sénéfelder est le premier qui ait songé à contre-épreuver une vieille gravure sur pierre, et à s'en servir ensuite comme d'un type original pour imprimer. Ses premiers essais datent, dit-on, de 1810 (voir son *Traité*, page 188).

M. Marcel de Serres a publié le premier en France, en 1814, dans une notice sur l'*art de la Lithographie*, un procédé possible de transporter et de reproduire une vieille gravure en la colorant de nouveau avec une encre typographique ordinaire ou résineuse (voir t. LII, page 79, des *Annales des arts et manufactures*.)

« Il faut, dit-il, humecter le papier avec des acides étendus d'eau, qui attaquent la colle du papier pour le rendre plus perméable à ce dernier liquide, en empêchant le papier de recevoir le noir du tampon. Mais, pour que l'encre ne se mêle point avec les acides, on passe sur la planche une couche légère de gomme, qu'on a soin d'étendre avant de tirer des épreuves. »

En 1839, MM. Dupont frères ont pris un brevet d'invention pour un moyen de reproduire les vieilles impressions; ce procédé offre de l'avantage, en ce qu'on peut reproduire l'original sans l'altérer sensiblement; mais son emploi, comme tant d'autres, est difficile et ne réussit pas toujours. Depuis, une foule de lithographes de tous les étages se sont ingéniés à vouloir reproduire les vieilles gravures sur bois par l'impression lithographique. Aussi les procédés ont-ils été variés à l'infini, et chaque artiste a-t-il un prétendu secret pour arriver au but avec plus ou moins de succès.

Ce qu'il y a de certain et de bien positif, c'est que personne encore n'a reproduit des gravures en taille-douce, et la difficulté tient à plusieurs causes que nous expliquerons plus tard, en indiquant les procédés que nous avons essayés, sans les porter au degré de perfection dont ils sont susceptibles.

Autre moyen de transporter et d'imprimer sur le zinc une gravure ou impression quelconque, que l'on appelle en Allemagne *impression anastatique* (voir le *Polytechnische Journal de Dingler*, 1er cahier de juin 1833).

« Il faut que la surface du zinc soit d'abord polie à l'émeri et à l'eau, puis, après l'enlevage de la boue avec un papier brouillard, bien propre, on polit à sec avec de l'émeri ou du papier fin, jusqu'à ce qu'elle présente un poli parfait. Pendant le polissage il faut avoir soin de ne frotter que dans un sens, afin que le frottage produise sur la plaque une foule de lignes parallèles qui soient coupées le moins possible par d'autres, le parallélisme facilitant beaucoup l'application de l'encre.

« Lorsque l'impression, ou ce qu'on appelle l'original, n'a pas plus de deux mois de date, il est encore suffisamment frais pour donner une impression, en le préparant de la manière suivante :

« On le presse entre deux feuilles de papier, et on le lisse avec un brunissoir; alors on le place sur une feuille de papier brouillard et on l'humecte à l'envers

(1) Cette composition est remplacée aujourd'hui par un produit similaire que l'on nomme dans le commerce potasse caustique.

avec un mélange d'acide et d'eau, dans la proportion de 1 partie d'acide nitrique pour 8 parties d'eau.

« Quand l'original date de plus de deux mois, on l'introduit dans un vase de verre ou de porcelaine contenant un mélange d'acide nitrique, pendant un espace de temps qui varie de 4 heures à 7 jours; l'expérience seule servant à décider le temps qu'un original doit demeurer dans la liqueur.

« Quand on a, par ce moyen, obtenu un original imprégné d'acide, on le comprime entre deux feuilles de papier brouillard, afin d'y faire répartir l'acide et d'enlever ce qui pourrait être superflu. En cet état, l'original est prêt à donner une impression, et on le presse sur une plaque de zinc. L'acide attaque cette plaque, excepté dans les points où elle est protégée par l'encre et produit ainsi une *eau forte négative*.

On voit que le succès de ce procédé repose sur la propriété que possède l'encre de résister à l'acide, et que cette encre doit être de nature grasse ou savonneuse comme l'encre lithographique, et avoir été chargée en quantité suffisante; par conséquent ce procédé serait peu applicable aux vieilles gravures ou impressions chez lesquelles l'encre se serait altérée. Pour remédier à ce défaut, on encre de nouveau l'original par un procédé chimique.

« On trempe la feuille imprimée dans une solution d'abord de potasse, et ensuite d'acide tartrique. Il résulte de là que toute la partie non imprimée s'imprègne de petits cristaux de bi-tartrate de potasse. Comme ce sel repousse l'huile, on peut passer le rouleau chargé d'encre sur la surface du papier, et l'encre ne s'attache qu'aux parties imprimées. On enlève ensuite le tartre par un lavage à l'eau, et l'on contre-épreuve l'impression sur la plaque de zinc. On la laisse reposer pendant quelque temps (1).

« On acidule, on prépare ensuite la planche de zinc avec une solution de gomme et d'acide phosphorique affaibli par de l'eau, et l'on imprime comme à l'ordinaire. Mais au bout d'un certain nombre d'épreuves, les lignes s'épaississent et le dessin s'altère; cet accident est évité en frottant de temps en temps la planche avec une solution d'acide phosphorique affaibli. »

Procédé de M. Knecht, pour transporter les vieilles gravures (extrait du *Technologiste*, décembre 1840). « Imbibez la feuille à réencrer de gomme arabique, posez-la sur un marbre, versez dessus de la soude caustique de 12 à 15 degrés. Laissez cet alcali de quinze à vingt minutes, en essayant de temps en temps sur un mot, si le corps gras commence à revivre. Aussitôt que vous verrez que la soude aura assez agi sur les caractères, jetez de l'eau sur la feuille pour enlever l'alcali, versez-y de l'essence de térébenthine, elle doit se fixer sur les caractères. Laissez séjourner l'essence pendant un quart-d'heure; tenez cependant la feuille constamment humide.

« Préparez une encre composée de : 1/2 partie de cire-vierge, 1/2 p. de suif, 1 p. de vernis faible, 1/4 p. de térébenthine de Venise, 1/4 p. d'essence de térébenthine, 1/2 p. de vermillon.

« Garnissez un petit cylindre de drap fin (ou un tampon) de cette encre, et cherchez à encrer doucement les caractères.

« C'est de cette opération que tout dépend. Si on s'y prend mal, le corps gras ou le noir quittera le papier pour se marier à l'encre rouge. Si on laisse sécher le papier, le rouge les salira. Si l'on tamponne, ou promène le rouleau avec peu d'attention, on déchirera le papier.

« Il faut, pour cette opération, une grande patience, de la pratique; mais avant tout, du jugement pour comprendre les modifications à apporter dans l'encre et ce mode d'encrage.

« On fera bien d'avoir un second petit rouleau garni de drap pour nettoyer et enlever la surabondance d'encre.

« Lorsqu'on verra que l'encre rouge sera fixée sur les caractères, on mettra la feuille entre des maculatures, et on ne la transportera que très faiblement humide.

Les transports d'impressions fraîches sur cuir, tôle vernie, toile cirée, etc., se font de même que les autographies; mais ceux sur porcelaine nécessitent que le dessin soit imprimé avec une encre qui contienne, au lieu de noir de fumée, un oxyde métallique susceptible de se vitrifier.

Les procédés, du reste, sont parfaitement décrits par Brongniart, directeur de la manufacture de porcelaine, à Sèvres. (Voir son Traité des arts céramiques, tom. II, page 648). Nous en extrayons quelques détails qui peuvent donner lieu à des applications ingénieuses, entre les mains de lithographes habiles.

Impression sur papier et transport sur porcelaine faïence. « Le tirage sur papier n'a rien de particulier, mais le choix et la qualité du papier sur lequel on tire les épreuves, sont très importants; ce doit être du papier dit Joseph, c'est-à-dire du papier fin, absolument sans colle et humecté convenablement. On lui faisait subir autrefois diverses préparations avec du sel marin, du savon, etc.; mais on a reconnu l'inutilité de ces procédés. Aussitôt que le dessin a été transporté de la planche sur le papier, on place ce papier dans l'eau, ou plutôt sur l'eau.

« On prépare alors la pièce à imprimer avec une espèce de mordant qu'on nomme *mixtion*, composé d'essence de térébenthine, à laquelle on a ajouté environ un douzième de vernis de copal, on fait complétement sécher cet enduit à l'étuve. La pratique a fait connaître que cet enduit n'est pas indispensable sur la faïence, ni même sur la porcelaine, mais il rend plus certain *le succès du décalcage*. On peut remplacer cette mixtion qui exige un séchage à l'étuve, par une mixtion saline, comme l'a fait à Sèvres le chef imprimeur *Tristan*; elle est composée simplement d'une eau d'alun très faible, qui sèche assez promptement sans qu'on ait besoin d'étuve.

« On prend alors le papier qui porte l'épreuve de la planche, et dont on a enlevé l'eau en excès, en le faisant égoutter sur du papier buvard et sur de la flanelle, ou mieux encore sur une plaque de dégourdi de porcelaine, et on l'applique sur la pièce de poterie, de manière que le dessin ou la gravure soit uni dans la place qui lui convient; on décalque cette gravure en appuyant sur le papier au moyen d'un tampon de feutre ou à l'aide d'un petit rouleau.

« *Impression à la gélatine avec augmentation et réduction.* Un graveur en taille-douce, le sieur Gonord, a su donner, en 1818, une remarquable application à ce procédé d'impression, en tirant de la même planche, et au moyen de la gélatine, des épreuves plus petites et plus grandes que la gravure originale et parfaitement régulières. Il a tenu son procédé secret tant qu'a duré son brevet d'invention, et personne que je sache n'a pu le deviner. A son échéance, en 1833, il a été publié dans le tome 24 des brevets d'invention; mais cette description est tellement obscure, le procédé est tellement compliqué qu'on n'y voit qu'une chose, c'est la propriété qu'a une plaque de gélatine de gonfler régulièrement dans l'eau froide et de se rétrécir régulièrement dans l'esprit de vin.

« D'après cette propriété, nous avons mis, à Sèvres, à exécution le procédé Gonord, mais d'une manière beaucoup plus simple, et par conséquent plus expéditive.

(1) Il conviendrait de la faire chauffer à un feu doux, pour augmenter l'adhérence de l'encre.

« On fait une dissolution de gélatine de rognures de parchemin, c'est la meilleure, elle est limpide. Lorsqu'elle a pris la consistance d'un sirop, on l'étend en couches minces sur une plaque de cuivre; on se refroidissant elle se réduit en une feuille qui n'est pas plus épaisse qu'une feuille de papier fort, et qui donne ce qu'on nomme le papier glacé.

« On charge comme à l'ordinaire, avec des couleurs vitrifiables, la planche gravée dont on veut avoir des épreuves, on tire une épreuve sur papier non collé, comme il est dit; on pose cette épreuve très humide sur la feuille de gélatine, et l'on décalque la gravure avec une roulette. Si on veut avoir une épreuve de la grandeur de la gravure, on pose immédiatement la feuille de gélatine sur la pièce de poterie vernissée, dont la surface a reçu la mixtion, et on opère le décalcage par simple pression à la main ou à la roulette. Mais si on veut avoir des épreuves plus grandes ou plus petites que l'original, on procède comme il suit :

« *Pour l'augmentation de l'épreuve.* On met la feuille de gélatine sur l'eau, ayant soin de tenir la partie imprimée en dessus. Il se forme un bord de relèvement qui empêche l'eau de recouvrir cette surface et qui permet à la feuille de gélatine de surnager. On la voit s'étendre en tous sens avec une grande régularité, et au bout d'une heure elle a pris toute son extension qui peut être de plus d'un tiers. Pour l'enlever, on passe dessous une feuille de papier à décalquer, on enlève ainsi la feuille sans mouiller la face imprimée. On pose cette face de la feuille de gélatine sur la pièce de poterie mentionnée, et on décalque au moyen de la roulette, ou même avec la main comme on l'a fait pour les autres décalcages. Pour enlever la gélatine, on met la pièce dans l'eau très chaude; la gélatine s'y dissout entièrement et l'épreuve de la gravure reste nette sur la pièce de porcelaine ou toute autre poterie à glaçure.

« *Pour la réduction de l'épreuve.* On procède exactement comme dans l'opération précédente, mais on place avec les mêmes précautions la feuille de gélatine imprimée sur un bain d'esprit-de-vin; on voit cette feuille se rétrécir avec régularité, et en moins d'une demi-heure, elle a pu être réduite d'environ un quart.

« Il faut éviter que la partie de la feuille de gélatine qui porte la gravure et qui doit être placée sur la pièce mixtionnée, soit mouillée d'esprit-de-vin, car ce liquide dissoudrait la mixtion et s'opposerait au décalcage. On décalque de même et on enlève de même la gélatine au moyen de l'eau chaude.»

INSTRUMENTS NÉCESSAIRES A L'IMPRESSION.

Presses. Sénéfelder écrivait en 1809 : « On aurait besoin d'un volume presque aussi considérable que celui-ci, si l'on voulait décrire clairement toutes les presses lithographiques dont on s'est servi jusqu'à ce jour. »

Aujourd'hui, il faudrait des volumes pour ne donner même que la description de celles qui ont été exécutées en France; nous renvoyons donc pour les connaître aux descriptions des brevets, et nous engageons nos lecteurs à les consulter, car il y en a plusieurs, telles que celles de MM. de la Morinière, Engelman, Clouet, Traschelle, Bénard, Tardy de Montavel, etc., qui renferment des dispositions mécaniques particulières et fort ingénieuses. Nous nous bornerons, pour le moment, à donner une idée exacte des presses qui sont généralement adoptées dans les divers ateliers de Paris.

Presse à moulinet et à rateau tournant. La première presse, dite à rouleau et à rateau à bascule, a été inventée par le professeur Mitterer vers l'année 1805. Elle est décrite dans l'ouvrage de Sénéfelder.

Cette presse est le type de celles dont on se sert le plus généralement aujourd'hui dans les imprimeries lithographiques; toutefois elle a reçu quelques additions ou perfectionnements importants sous le rapport de l'aisance et de la facilité des mouvements.

Au reste, comme la presse à moulinet de M. Mitterer, telle qu'elle a été perfectionnée jusqu'à ce jour par diverses personnes, ne diffère de la presse à rateau tournant de M. Roussin que par le mouvement donné au porte-rateau, qui se baisse et s'élève à la main (figure 1476), nous ne parlerons que de cette dernière, qui est beaucoup plus facile et moins fatigante à manier (fig. 1475).

A, A, montants ou bâtis en bois ou en fonte, parallèles sur le dessus desquels glisse le chariot.

B, chariot destiné à recevoir la pierre, que l'on pose à plat sur deux ou trois cartons pour éviter les accidents de rupture, et augmenter surtout l'élasticité de la pression.

C, châssis en fer. Son extrémité inférieure est fixée au chariot par deux plates-bandes à fourchette, maintenues solidement au moyen de boulons avec écrous à oreilles. Ce châssis est garni d'un cuir *maigre*, que l'on tend au moyen d'écrous que l'on fait tourner sur les vis qui terminent les tringles latérales et perpendiculaires de l'encadrement. A l'autre extrémité supérieure sont disposées deux vis qui servent à hausser et à baisser le châssis, et à le maintenir au niveau sur la pierre lorsqu'il est placé dessus.

D, porte-rateau à charnière en E, qui reçoit le sommier dans lequel on fixe, au moyen d'une vis, un rateau en bois taillé en biseau. Le sommier tourne autour d'un point fixe servant de point d'appui, et le rateau peut ainsi prendre l'inclinaison de la pierre. De plus, l'extrémité inférieure de la tige verticale E, autour de laquelle tourne le porte-rateau, est liée avec un ressort à boudin, qui a pour effet de donner de l'élasticité au porte-rateau et de le relever après l'impression.

G, vis à oreilles servant à élever ou à abaisser à volonté le porte-rateau suivant l'épaisseur des pierres.

H, bride à laquelle on accroche le porte-rateau lorsque le châssis est abaissé sur la pierre. Elle plie au moyen d'une charnière, et on peut l'élever ou la baisser, pour donner une pression plus ou moins forte, en tournant l'écrou à oreilles I.

Une traverse en fer sur laquelle glisse un curseur sert à régler la longueur de la course du chariot. A cet effet, on fixe le curseur, au moyen d'une vis, à la place qui doit borner la course du chariot.

M, cordes attachées à l'une des côtes à gauche du chariot, et à laquelle est suspendu un poids très pesant L. Ce contre-poids est destiné à ramener le chariot au point de départ, après l'impression opérée.

K, sangle liée au chariot et à l'arbre en fer N.

N, arbre ou axe en fer garni d'une bobine en cuivre sur laquelle s'enroule la sangle K, lorsque l'on fait tourner le moulinet O, pour faire marcher le chariot de gauche à droite, et opérer ainsi l'impression dite.

P, ficelle, munie d'un contre-poids R, elle s'enroule sur l'arbre N, lorsqu'on donne le mouvement au chariot; et elle se déroule ensuite, lorsqu'on a opéré l'impression. Le contre-poids R a pour objet d'aider seulement le rappel du chariot, au point de départ, en facilitant le déroulement de la sangle K.

S, barre ou levier pour donner la pression nécessaire; à cet effet, on élève ou abaisse la bride H, au moyen de la vis à oreilles, et on fait monter ou descendre ainsi le collier T, qui sert de point d'appui au levier; puis on allonge ou on raccourcit la longueur de la crémaillère en fer U, et on la maintient dans la position convenable, à l'aide de broches en fer.

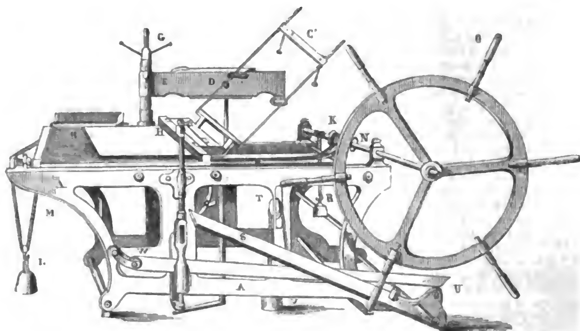
X, pédale liée au levier S, et servant à donner la pression, lorsqu'on appuie le pied dessus.

Y, système de bascule avec un contre-poids Z, servant à faire remonter la barre de pression S.

Presse à engrenage, de M. Clouet. Cette presse renferme les changements suivants : le moulinet est rem-

placé par deux roues d'engrenage, qui, mises en mouvement à l'aide d'une manivelle, font tourner l'arbre de la presse. L'axe de la manivelle est à pompe, de telle sorte qu'on engrène, en la poussant sur la presse, et qu'on désengrène en la tirant a soi ; lorsque la pression est faite, un contre-poids ramène le chariot à son point de départ.

Cette presse n'a point de pédale, et la pression est

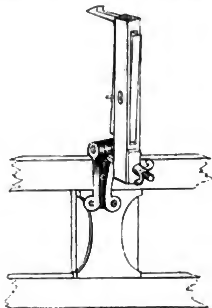


1475.

donnée au moyen d'une roue excentrique liée à un levier très court. On la règle d'ailleurs, au moyen d'une vis à oreilles, qui élève ou abaisse la bride, laquelle accroche le porte-rateau, comme on le voit dans le dessin de la presse (fig. 1475).

Presse à cylindre, de MM. *François et Benoist* (fig. 1477) (*Extrait du Manuel de MM. Chevalier et Langlumé*).

« 1, bâti en bois, au besoin en fonte de fer; 2, cylindre en bois, porté par deux coussinets sur les grandes traverses supérieures du bâti ; 3, roue de quatre-vingts dents, en fonte de fer ou en cuivre, fixée sur l'extrémité du cylindre sus-désigné ; 4, chariot en bois garni de fer, au besoin tout en fonte de fer ; 5, quatre roues à gauche du chariot, s'appuyant, dans la marche de la machine, sur des patins que portent les grandes traverses supérieures du bâti ; 6, deux supports de fonte fixés aux extrémités du chariot, embrassant par les extrémités les axes des roues du chariot ; 7, deux axes auxquels sont fixées, deux à deux, les roues du chariot ; ces axes tournent sur des collets posés sur les extrémités des supports n° 6 ; 8, cylindre de pression en carton ou en fonte de fer ; 9, deux grands supports en fonte de fer, fixés solidement au bâti, et à l'un desquels sont adaptés les supports du petit axe à manivelles ; une coulisse verticale tient emprisonnés, dans ces grands supports, les bouts de l'axe du cylindre de pression ; en sorte que, outre le mouvement de rotation, ce cylindre ne peut avoir qu'un mouvement dans le sens vertical. Ce dernier mouvement est relatif aux épaisseurs de la pierre ; 10, support supérieur du petit axe à manivelles ; 11, manivelle ; 12, petit cylindre en bois dont l'axe tourne dans des dés en cuivre, et glisse, suivant le besoin, dans les coulisses verticales qui surmontent les supports n° 9 ; 13, peau de veau suffisamment épaisse, cousue ou lacée, et enveloppant le petit cylindre n° 12, et le cylindre de pression de manière à former un manchon (1); 14, deux vis qui servent à élever ou abaisser le petit cylindre qui soutient le manchon, et à donner à la peau une tension modérée ; 15, roue de trente-trois dents, en fonte de fer ou en cuivre, portée sur le petit axe à manivelle, engrenant avec la roue de quatre-vingts dents, du cylindre inférieur n° 2, et dont l'usage est de transmettre à ce cylindre le mouvement qu'on imprime à l'aide de la manivelle ; 16, étriers servant à tenir suspendu le cylindre de pression n° 8, et à lui donner, au moyen de leurs tiges filetées, la hauteur que nécessitent les diverses épaisseurs de pierre ; ces tiges passent dans les talons

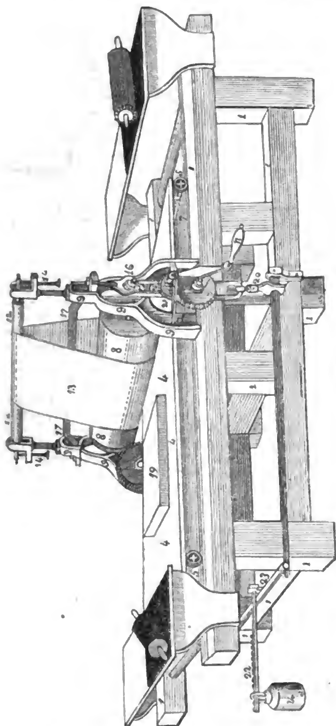


1476.

de la traverse d'écartement n° 17, et s'appuient dessus au moyen de forts écrous ; 17, traverse servant à la fois à maintenir lentement des supports n° 9, et à re-

(1) Ce manchon peut être remplacé par un drap ou *flautre*, tissu sans couture.

cevoir les étriers de pression n° 16; 18, quatre engrenages de champ servant à communiquer le mouvement du cylindre inférieur n° 2, au cylindre supérieur n° 8. Deux de ces engrenages étant fixés sur les axes des cylindres, sont en rapport avec le développement de ces mêmes cylindres. Le tout est disposé de manière que les engrenages intermédiaires peuvent engréner dans toutes les positions verticales que le cylindre de pression n° 8 est susceptible de recevoir. Leur but est de communiquer le mouvement au cylindre de pression, quand, pendant la marche de la machine, le cylindre ne se trouve pas encore ou ne se trouve plus porté sur la pierre ; 19, pierre lithographique ; 20, deux brides de pression qui sont suspendues aux deux extrémités du cylindre de pression, et qui reçoivent les leviers à l'autre bout ; ces extrémités inférieures sont à vis, et telles qu'on peut allonger les brides, ou les raccourcir en raison de l'épaisseur des pierres, pour maintenir les leviers dans une position à peu près horizontale ;


1477.

21, deux grands leviers de pression passés dans les extrémités inférieures des brides n° 20 ; 22, troisième levier de pression ; 23, barre de fer rond dont les extrémités à gorge s'appuient sur les extrémités des leviers n° 21 ; et qui, dans le milieu de sa largeur, reçoit l'action d'un troisième levier n° 22 ; 24, poids en fonte de fer de 10 kilogr. La position de ce poids est variable à volonté sur le troisième levier n° 22, et procure ainsi au cylindre de pression une action plus ou moins forte. »

Presse à pression fixe et à rateau mobile, par M. Quinet. Le principe de la pression fixe a été appliqué, pour la première fois, par M. Schelicht, de Manheim, vers l'année 1810; depuis, plusieurs imprimeurs de Londres l'ont utilisée d'une manière différente dans la construction de diverses presses, qui marchent encore aujourd'hui dans leurs ateliers.

Au mois de mars 1835, M. Quinet, imprimeur lithographe à Paris, a pris un brevet d'invention de cinq ans, pour une presse qui réunit aujourd'hui, par suite des additions et changements apportés par l'auteur lui-même, l'emploi déjà connu de la pression fixe, et l'application toute nouvelle d'un rateau mobile dont l'effet agit et cesse de lui-même, sans l'emploi d'aucune autre force que celle nécessaire pour entraîner le chariot, et opérer l'impression.

Avec la presse de M. Quinet, pour tirer une épreuve, l'imprimeur n'a plus que trois mouvements à faire : 1° d'abaisser le châssis ; 2° de tourner le moulinet ; et 3° de relever le châssis après l'impression opérée ; tandis qu'avec les presses à moulinet, par exemple, il y a dix mouvements à faire, qui sont : 1° d'abaisser le châssis ; 2° d'abaisser le porte-rateau ; 3° d'agrafer le porte-rateau ; 4° de prendre la pédale avec la main pour la porter sous le pied qui doit opérer la pression ; 5° de poser le pied sur la pédale ; 6° de tourner le moulinet ; 7° d'ôter le pied de dessus la pédale, pour faire cesser la pression ; 8° de dégrafer le porte-rateau ; 9° de relever le porte-rateau et de le mettre dans la position perpendiculaire ; 10° de relever le châssis.

Il y a donc sept mouvements de moins dans cette nouvelle presse, et par conséquent, une grande économie de temps et de fatigue pour l'ouvrier. On en peut prendre une idée exacte par l'inspection du dessin (fig. 1478), qui représente la coupe en long de cette presse.

Il est facile de voir par l'inspection du dessin que par l'ingénieuse disposition du rateau articulé seulement en avant, son action a lieu sans qu'il y ait à mouvoir aucune pédale. La pression convenable est donnée en tournant la vis à oreilles figurée au-dessus du montant vertical.

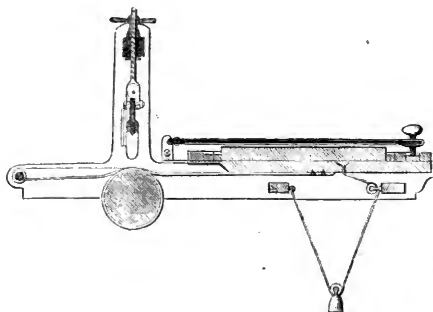
Observations. « Il est facile, ajoute Engelman, de se convaincre que, par la disposition de cette presse, il se trouve plusieurs mouvements d'économisés, et que son action est plus prompte que celle des presses à moulinet ordinaire. » Je la regarde comme préférable à celle-ci pour le tirage des écritures et autres planches à l'encre, qui n'exigent pas une forte pression, et pour lesquelles la promptitude de ses mouvements présente une économie sensible.

L'observation d'Engelman est très juste, et nous avons été en position de la vérifier dans l'établissement de la maison Aubert et compagnie, qui imprime les dessins du *Charivari* sur une presse de M. Quinet ; et qui ne pourrait les produire aussi promptement et

à un prix aussi modique, à l'aide d'une presse à moulinet.

Presses lithographiques mécaniques. La première presse lithographique mécanique a été inventée en 1814, par Marcel de Serres, qui en a publié les dessins (voir son livre intitulé : *Essais sur les Arts et Manufactures de l'empire d'Autriche;* et le tome LII des *Annales des Arts et Manufactures*, pages 119 et 267).

Dans son ouvrage, publié en français, en 1819, page 120, Sénéfelder nous apprend aussi qu'il avait soumis à l'Académie royale des Sciences de Munich le plan d'une presse, dans laquelle il existait un mécanisme faisant les fonctions de noircir ; et il ajoute : « Mais elle n'a pas encore été exécutée en grand, et c'est pour cela qu'on ne peut en apprécier le mérite avec exactitude. »



1478.

En 1833, M. Villeroy, ingénieur à Paris, a pris un brevet d'invention pour une presse mécanique qu'il a nommée typo-lithographique, dont l'objet, dit l'auteur, est d'opérer le tirage accéléré, l'encrage mécanique, et l'impression à plusieurs couleurs par le même tirage, sur le papier, le cuir, la toile, etc. (voir tome XXXIV, page 145, *des Brevets expirés*).

Cette presse, qui n'est qu'une copie fort imparfaite de celle de Marcel de Serres, n'a pas même le mérite de réunir des organes mécaniques, susceptibles d'opérer l'impression ordinaire, outre le grand désavantage qu'elle partage avec la première de nécessiter l'emploi des cylindres en pierre sur lesquels le dessin doit être transporté.

En 1840, M. Perrot, l'ingénieur distingué qui a créé la belle machine à imprimer les étoffes à plusieurs couleurs (voyez IMPRESSION SUR ÉTOFFES), a pris un brevet d'invention pour une presse mécanique propre à imprimer en lithographie. Cette presse est disposée de telle manière que la pierre lithographique étant posée à plat sur un chariot qui doit la faire marcher, le mouillage, l'encrage, la pose du papier sur la pierre, l'impression et l'enlevement des épreuves sont effectués mécaniquement et d'une manière continue.

Nous avons vu la machine qui marche, dans les ateliers de construction de M. Perrot, et qui produit journellement des impressions de musique pour M. Thierry, imprimeur-lithographe lui-même.

Nous pouvons donc affirmer que cet instrument mécanique réunit les trois éléments vainement cherchés jusqu'à ce jour : la célérité, l'économie et la régularité du travail.

Nous devons avouer cependant, pour affaiblir l'étonnement qui doit résulter de voir réaliser un problème aussi difficile, que l'inventeur n'applique encore sa machine qu'à l'impression des transports typographiques de la musique, de l'autographie, des écritures et dessins à la plume : mais les impressions qu'il produit sont au moins égales à celles faites à la main par des ouvriers ordinaires.

Ce genre de presse est d'une grande importance. C'est de son emploi et des perfectionnements réalisés chaque jour dans les procédés de transport que peut résulter, dans quelques cas, l'empiètement des procédés de la lithographie sur ceux de la typographie, dont le tirage peu coûteux et prompt, bien plus facile à obtenir mécaniquement, puisqu'il s'obtient avec des reliefs, a été seul employé jusqu'ici pour les impressions à grands nombres.

Impression des estampes, gravures et lithographies en couleurs, avec plusieurs planches.

L'impression des estampes en couleurs avec plusieurs planches n'est pas une chose nouvelle. Plusieurs auteurs disent même qu'on imprimait déjà, en 1457, des dessins ou figures en deux couleurs, dites en camaïeu, avec deux planches de bois gravées en relief; mais nous ne possédons aucune épreuve ayant une date bien certaine. Nous savons seulement que Hugo de Carpi, qui vivait vers la fin du quinzième siècle, perfectionna la manière d'imprimer les camaïeux ; et Saudrat nous apprend qu'il a vu de pareilles images qui datent de l'année 1503.

Le procédé de Hugo exigeait alors, dit Papillon, trois sortes de planches en bois gravées en relief, lesquelles se tiraient l'une après l'autre sous la presse pour imprimer une même estampe ; l'une de ces planches servait pour les jours et les grandes lumières, que l'on formait avec du blanc de plomb ; l'autre était destinée à former les demi-teintes ; et la troisième servait pour imprimer les contours et les ombres.

En 1540 environ, François Mazzuoli, dit le Parmesan, a perfectionné encore cette méthode en gravant les traits du dessin à l'eau-forte sur une planche de cuivre, et les imprimant ensuite sur les couleurs par les procédés ordinaires de l'impression en taille-douce (voyez page 2126).

François Périer, peintre et graveur, qui vivait en 1641, fut le premier qui exécuta, en France, à l'aide de plusieurs planches gravées en taille-douce, des camaïeux qui furent tirés sur du papier gris un peu brun, et dont les contours et les hachures étaient imprimés avec de l'encre noire, et les rehauts avec du blanc de plomb.

Cette méthode (*De la Manière de graver à l'eau-forte et au burin*, Paris, 1645, page 69) parut, au rapport de M. Bosse, graveur du roi, non seulement nouvelle, mais encore si belle, qu'il en rechercha l'invention, et voici la manière qu'il enseigne :

« Il faut avoir deux planches de pareille grandeur, exactement ajustées l'une sur l'autre ; l'on peut, sur l'une d'elles, graver entièrement ce que l'on désire, puis la faire imprimer de noir sur un papier gris et fort, ainsi qu'on vient de le dire au sujet des enluminures. Et ayant verni l'autre planche, comme ci-devant, et l'ayant mise le côté verni dans l'endroit de l'empreinte que la planche gravée a fait en imprimant sur cette

feuille, la passer de même entre les rouleaux, ladite estampe aura fait sa contre-épreuve sur la planche vernie. Après quoi, il faut graver sur cette planche les rehauts et les faire fort profondément creuser à l'eau-forte. On peut faire la même chose avec le burin et même plus facilement.

« Or, la plus grande difficulté que je trouve encore est de trouver du papier et une huile qui ne fasse point jaunir ni roussir le blanc ; le meilleur est de se servir d'huile de noix très blanche, et tirée sans feu, puis de la laisser dans deux vaisseaux de plomb et de la mettre au soleil tant qu'elle soit épaissie à proportion de l'huile faible dont nous allons parler, et, pour l'huile forte, on laissera un de ces vaisseaux bien plus de temps au soleil.

« Ensuite, il faut avoir de beau blanc de plomb bien net, et l'ayant lavé et broyé extrêmement fin, le faire sécher et en broyer avec de l'huile faible bien à sec, et après l'allier avec de l'autre huile plus forte et plus épaisse, comme on fait pour le noir. Puis, ayant imprimé de noir ou autre couleur sur du gros papier gris la première planche qui est gravée entièrement, vous en laisserez sécher l'impression pendant dix ou douze jours ; alors, ayant rendu ces estampes humides, il faut encrer de ce blanc la planche où sont gravés les rehauts, de même façon qu'on imprime, et l'essuyer à l'ordinaire, puis la poser sur la feuille de papier gris déjà imprimée, en sorte qu'elle soit justement placée dans le creux que la première planche y a fait, et prenant garde de ne point la mettre à l'envers ou le haut en bas. Étant ainsi bien ajustée, il ne s'agit plus que de la faire passer entre les rouleaux, comme on a dit pour l'impression sur l'enluminure.

« Quant à imiter le travail des enlumineurs, au lieu d'appliquer les couleurs sur l'impression, je m'avisai de faire en sorte que cette impression fût sur les couleurs.

« Supposons que vous ayez une planche toute gravée d'une figure que vous voulez vêtir de deux ou trois couleurs ; par exemple, le chapeau gris, les cheveux un peu bruns, le manteau rouge, l'habit d'une couleur, les bas d'une autre, etc.

« Premièrement, vous aurez une planche de cuivre toute polie, ajustée et limée de la même grandeur de l'autre, de sorte qu'étant appliquée dessus, elle s'y rapporte exactement de tous côtés, et ayant verni la planche d'un vernis blanc (voyez VERNIS), et prenant une épreuve toute fraîche tirée de la planche gravée, mettez cette planche vernie blanc sur ladite impression, précisément dans la même place où la planche gravée a fait son empreinte, ayant étendu auparavant sur la table deux linges par-dessous l'estampe, et deux ou trois autres par-dessus la planche, vous ferez passer le tout entre les rouleaux, après quoi vous verrez que la figure ou estampe imprimée sur le papier aura fait une empreinte sur la planche vernie en forme de contre-épreuve.

« Ensuite vous graverez sur la planche vernie avec une pointe bien fine les simples contours du chapeau, des cheveux, du manteau, etc., et les ferez creuser fort peu à l'eau-forte ; puis vous en ôterez le vernis et en ferez tirer des estampes sur du papier fort et aluné, ou sur du carton très mince et battu que vous aurez humecté en le mettant à la cave pendant quelques nuits, ou bien en le laissant quelque temps en presse entre des papiers mouillés. Ces contours étant imprimés et le papier ou carton étant bien sec, il faut coucher à plat de rouge toute la place renfermée dans le contour du manteau, mettre une couche de bistre dans la place du chapeau, et ainsi du reste.

« Cela étant fait, vous mettrez encore cette feuille ainsi colorée à la cave pour la rendre humide, comme on vient de le dire, puis ayant bien étendu quelques linges sur la table de la presse, vous l'y poserez le côté de la couleur en dessus, et après avoir encré la première planche qui est entièrement gravée, vous la mettez sur cette feuille, le côté gravé en dessous, précisément dans l'enfoncement que la planche des contours y a déjà fait, puis deux ou trois linges par-dessus, et vous la ferez passer entre les rouleaux. Alors, en relevant la feuille, vous trouverez l'estampe imprimée par-dessus ces couleurs, ce qui les rend plus transparentes et infiniment plus belles que les enluminures ordinaires.

« Vers le commencement du dix-neuvième siècle, Jacques Leblon, peintre, natif de Francfort-sur-le-Mein, a inventé le véritable moyen de faire des copies de tableaux et des estampes en couleurs, à l'aide du mélange des trois couleurs primitives et par le moyen de trois planches de cuivre gravées à la manière noire.

« Suivant Leblon, l'art d'imprimer en couleur se réduit :

« 1° A représenter un objet quelconque avec trois couleurs et par le moyen de trois planches qui doivent se rapporter sur le même papier ;

« 2° A faire dessiner sur chacune des trois planches, de façon que les trois dessins s'accordent exactement ;

« 3° A graver les trois planches à la manière noire et de façon qu'elles ne puissent manquer de se rapporter ;

« 4° A trouver les trois vraies couleurs primitives, et à les préparer de manière qu'elles puissent s'imprimer, être belles et durer longtemps ;

« 5° Enfin à tirer les trois planches avec assez d'adresse pour que l'on ne s'aperçoive pas, après l'impression, de la façon dont elles sont tirées.

« Une quatrième planche donne le moyen d'opérer plus promptement, et une cinquième rend la transparence à certaines parties du tableau, comme les vitraux d'architecture, voiles dans les draperies, nuées dans le ciel. »

Le rédacteur de l'article *Gravure en couleurs*, dans le *Dictionnaire encyclopédique* de 1777, indique cette méthode ; mais il trouve que le mélange des trois couleurs est dur et mal entendu.

Cette critique n'est pas très exacte, et tout porte à croire que l'auteur n'avait pas vu les belles productions de Leblon.

Au résumé, il est certain qu'en appliquant ainsi à l'impression, comme Leblon l'a pratiqué avec succès, le mélange des trois couleurs primitives (*rouge, jaune et bleu*) avec du blanc, pour éclaircir les teintes, et la terre de Sienne pour les brunir, on peut réunir tout ce que l'on peut désirer de mieux dans une estampe coloriée (Voyez COULEUR et DESSIN). Pourtant, l'emploi de ce mélange est peu ou point en usage dans l'impression lithographique, et l'on préfère généralement aujourd'hui imprimer en couleurs par teintes plates, méthode qui a été indiquée en 1814, par Marcel de Serres (voir tome LII des *Annales des arts et Manufactures*, pages 66 et 117).

La manière de procéder, c'est-à-dire de décalquer le sujet sur la pierre, est la même que celle déjà décrite par Bosse et Leblon ; seulement, il faut employer autant de pierres que de couleurs différentes et nécessaires pour exprimer le modelé des formes. Le dessinateur remplit d'encre lithographique chaque portion du sujet qui doit fournir une couleur distincte, en ayant soin de suivre les contours, de manière que tous les tons soient imprimés exactement les uns à côté des autres, sans se confondre ni se mêler, et sans laisser entre eux aucun intervalle ou blanc qui nuirait à l'effet général du dessin.

On acidule les pierres comme à l'ordinaire, et l'on encre chaque teinte avec un rouleau en cuir, dont le côté de la chair est placé en dedans, avec une encre préparée d'avance suivant le ton que l'on veut avoir.

Pour obtenir la juxta-position ou la superposition

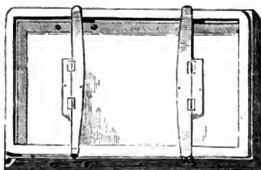
exacte des teintes, on se sert d'une machine dite à repérer, et l'on imprime sur du papier sec et laminé. Tel est le procédé pour lequel feu Engelmann, avait pris un brevet d'invention de dix ans, le 31 août 1837, et qui a valu à cet habile exploitant un prix de 2,000 fr., décerné par la Société d'encouragement en 1838; disons cependant, pour rassurer les praticiens qui exploitent aujourd'hui l'impression lithographique en couleurs, que la machine à repérer de M. Engelmann, et le mode d'imprimer sur du papier sec et laminé étaient connus depuis longtemps. Ainsi, on lit dans le *Traité pratique de la gravure sur bois*, par Papillon (1706, tome II, page 149), que l'on peut faire les gravures en camaïeux, comme des impressions en lettres, par le moyen de pointes à la frisquette ou autres repères, par les machines qu'avait imaginées Georges Lalleman (1), et par le moyen d'un châssis que Nicolas Lesueur avait inventé (voir la description de ce châssis dans le même ouvrage, page 366).

Dans son *Traité de Lithographie*, page 175, Sénéfelder a donné la description, un peu confuse peut-être, d'un châssis à repérer que M. Brisset père a perfectionné ou modifié depuis d'une manière assez heureuse.

La fig. 1479 est le plan de cette machine à repérer, ainsi modifiée, qui est actuellement en usage dans tous les établissements qui s'occupent d'impression lithographique en couleurs; elle est représentée dans la position qu'elle occupe sur la presse.

Cet appareil consiste en un cadre rectangulaire en fer, qui est adapté à charnières sur le côté du chariot, en face de l'imprimeur.

Sur les deux grands côtés parallèles, glissent à frottement deux règles en cuivre très minces que l'on fixe à la



1479.

distance convenable, au moyen de vis, suivant le format du papier à imprimer. Ces règles sont armées d'aiguilles d'acier, servant de points de repères, sur lesquelles on pique et accroche carrément la feuille de papier, comme sur une frisquette d'imprimerie typographique : on recouvre les côtés parallèles de la feuille de papier par des bandes de cuivre à charnières qui la maintiennent dans une position fixe, et garantissent aussi les pointes d'aiguilles de tout accident. L'on imprime ensuite comme à l'ordinaire.

On met en rapport les points de repères tracés d'avance sur les différentes pierres, avec ceux qui sont gravés sur les bandes transversales en cuivre, en avançant ou en reculant la pierre, au moyen de vis liées avec des règles en fer, que l'on comprime ensuite fortement pour éviter tout dérangement.

Quant aux procédés pour faire des impressions lithographiques, en bronze, en or ou en argent, ils sont absolument les mêmes que ceux employés pour imprimer le dessin à la plume; seulement, on encre les traits avec du vernis faible dans lequel on mêle une certaine quantité de vernis gras au copal. On laisse ensuite sécher l'impression pendant un certain temps; et, lorsque le vernis happe ou poisse encore le doigt, on applique la feuille d'or ou d'argent, ou le bronze en poudre avec un tampon en coton, et on enlève l'excédant de l'or, de l'argent ou de bronze non fixé, à l'aide d'un blaireau.

On fait sécher les épreuves pendant 24 heures, au moins, et on les soumet alors à l'action de la presse à satiner.

AUTOGRAPHIE. Nous terminerons cet article par la description des procédés servant à obtenir des autographies. (Voyez ÉCRITURE et ENCRE autographiques).

Papier autographique et de transport par M. Cruzel, auquel la Société d'encouragement a décerné en 1830, à la suite d'un concours, un prix de 400 francs.

Composition. 1° 3 couches légères de gélatine de pieds de mouton; 2° 1 couche d'empois blanc; 3° 1 couche de gomme-gutte.

Préparation. « On met la première couche avec une éponge trempée dans la dissolution de gélatine chaude, bien également sur toute la feuille et en petite quantité pour que la feuille étant étendue sur une corde, la gélatine ne coule pas, ce qui produirait des épaisseurs et des cavités. Lorsque la première couche est sèche, on met la deuxième, et la troisième quand la deuxième est sèche; la dernière couche de gélatine étant sèche, on met avec une éponge la couche d'empois qui doit être assez légère pour pouvoir s'étendre également sur le papier. Cette couche d'empois étant sèche on applique sur le papier une couche de gomme-gutte pilée récemment et dissoute dans l'eau. Lorsque le papier est sec, on le lisse à la presse lithographique; plus il est lissé, plus il est facile d'y tracer à l'encre lithographique des déliés fins.

« La gélatine seule ne convient pas, parce qu'elle s'étend lorsqu'on humecte le papier, mais employée de cette manière, elle facilite le départ de la couche d'empois.

« L'empois a l'avantage de ne pas s'étendre lorsqu'il est humecté; mais on ne pourrait l'employer seul, parce qu'il s'attache trop au papier, qu'il absorbe l'encre, et que les transports seraient imparfaits si, pour obvier à cet inconvénient, on n'employait la couche de gomme-gutte.

« La couche de gomme-gutte seule réussirait quelquefois, mais elle ne tiendrait pas lieu du procédé que nous indiquons.

Transport sur pierre. « Le transport de ce papier, comme on peut s'en convaincre par sa composition, est infaillible, puisque le papier étant humecté, la gomme se sépare du tracé lithographique, l'empois se sépare de la gélatine, et si, après avoir enlevé le papier, on le place sur une pierre blanche, et que l'on jette de l'eau chaude dessus, il reviendra dans son état primitif.

« Comme le transport est parfait, il est facile de reconnaître les causes des défauts de l'épreuve, qui proviennent de ce que l'encre est mauvaise, de ce qu'elle a été employée trop liquide ou de ce que le papier n'a pas été assez lissé.

« Si l'encre et le papier sont bons, il est encore plus facile de reconnaître ces fautes, et de les éviter par la suite.

« La gélatine doit être assez légère pour que, étant prise en gelée, elle puisse encore être étendue facilement avec une éponge et à froid sur du papier non collé; elle ne s'attache alors qu'à la surface.

« Lorsqu'on l'emploie à chaud, elle peut être plus forte, parce qu'elle s'étend davantage.

« La gomme-gutte doit être employée le même jour qu'elle est dissoute, attendu qu'à la longue la dissolution devient huileuse; elle ne nuit pas, en cet état au transport, mais elle donne un brillant au papier qui pourrait rendre le tracé plus difficile, surtout à des personnes peu exercées.

(1) G. Lalleman, peintre et graveur, qui florissait vers l'année 1640.

« L'empois ne peut s'employer qu'à froid, le lendemain qu'il est fait, et après avoir enlevé du vase qui le soutient la peau qui s'y est formée. »

Les propriétés que M. Crusel attribue à son papier sont très exactes, et constatées, d'ailleurs, dans un rapport fait au conseil de la Société d'encouragement, en 1830, par M. Gaultier de Claubry.

« Il nous a semblé, dit le rapporteur, que l'on ne pouvait mieux faire pour ce genre d'opération; notre opinion est corroborée par les essais multipliés auxquels nous nous sommes livrés; et il nous paraît difficile de supposer que l'on puisse parvenir à obtenir une plus grande perfection. (Voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, décembre 1830). »

Cependant nous devons dire que les écrivains autographes du commerce ne font pas généralement usage du papier de M. Crusel parce qu'il est, disent-ils, trop long à fabriquer.

M. Tudot dit que, d'après ses propres expériences, il y a avantage à ne mettre que deux couches de gélatine sur le papier, attendu que, si les couches font trop d'épaisseur, les traits à l'encre peuvent être déplacés lors de la pression nécessaire pour le transport.

Certes nous aurions encore beaucoup de choses à dire s'il nous fallait dévoiler tous les procédés, toutes les recettes, et tous les tours de main épars dans les divers ateliers de lithographie; mais notre but n'est pas d'entrer ici dans tous les détails pratiques de la lithographie, et nous renvoyons, pour les connaître, aux ouvrages spéciaux de MM. Marcel de Serres, Sénéfelder, Raucourt, Engelmann, Bregeault, Honbloup, Chevalier et Langlumé, Tudot, Bry, et au journal *le Lithographe* rédigé par M. Jules Desportes. ROUGET DE LISLE.

LITRE. Mesure de capacité, de forme cylindrique, dont la contenance est d'un décimètre cube. Pour le mesurage des matières sèches, le litre est un cylindre dont la hauteur égale le diamètre. = 0^m,1084; pour les liquides sa hauteur, qui est de 0^m,172, est le double de son diamètre, qui est de 0^m,086.

LOCH. Instrument dont on se sert en mer pour mesurer la vitesse d'un navire, et qui consiste en un morceau de bois, ayant la forme d'un triangle isocèle ou d'un secteur de cercle, de 0^m,18 à 0^m,20 de hauteur, qu'on leste à la base pour qu'il se tienne debout dans l'eau, la pointe en haut. Le lest est un morceau de plomb d'un poids tel que la pointe sorte à peine au-dessus de la surface de l'eau, afin que le vent n'ait pas de prise dessus.

Le loch est attaché à un cordon, qui sert à le retenir lorsqu'on le jette à la mer; ce cordon, enroulé sur un moulinet, se développe au fur et à mesure que le navire avance, et porte des marques en drap rouge ou *nœuds* équidistants. Le premier nœud est fixé en un point, déterminé par expérience, tel que, lorsqu'il quitte le moulinet, le loch flotte assez loin du navire pour ne plus être entraîné par le sillage; on regarde alors l'instrument comme stationnaire sur les flots, et on compte aussitôt le temps, soit au moyen d'une montre à secondes, soit au moyen d'un petit sablier qui dure 1/2 minute. Si le loch restait stationnaire, pour que le vaisseau fît à l'heure autant de mille marins de 1852^m ou de 60 au degré, que de nœuds passeraient sur la ligne en 1/2 minute ou la 120e partie d'une heure, il faudrait que l'espacement des nœuds fût la 120e partie de 1852^m ou 15^m,45. Mais on a remarqué que le loch ne reste pas rigoureusement stationnaire, et que les circonstances physiques le forcent à cheminer quelque peu; c'est pourquoi on espace seulement les nœuds de 15^m, parce que l'on a reconnu que cette réduction suffit pour tenir compte du mouvement de translation du loch. Il résulte de ce qui précède que, lorsqu'on dit qu'un vaisseau *file huit nœuds*, il faut entendre qu'il passe 8 nœuds de la ligne par 1/2 minute, ou que le navire parcourt 8 milles marins à l'heure. Voyez l'article NAVIGATION pour la description d'un instrument plus parfait employé par les Anglais.

LOCOMOTIVE. On donne le nom de *machine locomotive*, ou simplement de *locomotive*, à un ensemble de chaudière et machine à vapeur dont la force est appliquée pour mettre en mouvement les roues des véhicules. Cet ensemble, monté sur un bâti porté lui-même sur des roues, marche avec le convoi qu'il remorque.

Les premiers essais de locomotion au moyen de la vapeur sont dus à un Français, Nicolas-Joseph Cugnot, qui construisit à Paris, en 1769, un chariot mis en mouvement par une machine à vapeur composée de deux cylindres à simple effet. Sur une route ordinaire, ce chariot ne put parcourir qu'un kilomètre à l'heure. De nouveaux essais, entrepris en 1770, donnèrent des résultats plus favorables, mais ils n'eurent néanmoins pas de suite : la machine à vapeur était encore trop imparfaite, et la question de la locomotion à la vapeur sur les routes ordinaires présentait d'ailleurs des difficultés qui sont aujourd'hui loin d'être résolues. Toutefois, en 1804, Olivier Evans construisit également une voiture à vapeur qu'il fit marcher dans les rues de Philadelphie.

La même année, Trévitick et Vivian, en Angleterre, construisirent une machine avec laquelle ils purent remorquer un train de 10 tonnes de houille sur une longueur de 14 kilom. 1/2 et à la vitesse de 8 kilom. à l'heure, sans renouveler l'eau contenue dans la chaudière. Cette machine n'avait qu'un seul cylindre à vapeur, placé horizontalement, dont le piston, de 0^m,203 de diamètre sur 1^m,37 de course, transmettait son mouvement aux roues par l'intermédiaire d'une bielle et de deux engrenages.

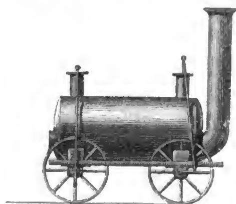
Ces essais ne donnèrent toutefois pas immédiatement lieu à une application de la vapeur au transport sur les chemins de fer, dont la construction commençait dès lors à s'étendre en Angleterre pour le service des mines de houille. A cette époque, l'opinion dominante était que l'on rencontrerait des difficultés insurmontables dans le défaut d'adhérence des roues sur la surface polie des rails.

C'est sous cette impression que Blenkinsop construisit, en 1811, pour le chemin de fer de Middleton à Leeds, les premières locomotives qui aient fait un service régulier. L'un des rails de la voie avait reçu latéralement une crémaillère, sur laquelle agissait une roue dentée mue par deux pignons armés chacun d'une manivelle mise en mouvement par une bielle rattachée à la tige du piston d'un cylindre vertical placé sur la chaudière; les deux manivelles étaient croisées à angle droit pour faciliter le passage des points morts. La chaudière, ainsi que toutes celles qui furent employées jusqu'en 1827, renfermait un tube intérieur dans lequel était placé le foyer, et qui débouchait dans la cheminée.

Ce ne fut qu'en 1813 que Blakett, ingénieur anglais, fit voir, par de nombreux essais exécutés sur le chemin de fer de Wylam, que l'opinion précitée était inexacte et que le frottement ou l'*adhérence* des roues sur les rails fournissait un point d'appui suffisant pour la locomotion. Ce principe, combiné avec l'emploi des deux cylindres de Blenkinsop, forma dès lors le point de départ du système actuel des locomotives.

Dès 1814, Georges Stephenson construisit, pour le transport des houilles de la mine de Killingworth, une locomotive (fig. 1) à quatre roues accouplées par le moyen d'une chaîne sans fin passant sur deux roues dentées montées sur le milieu de chaque essieu; un cylindre vertical, placé sur la chaudière au-dessus de chaque essieu, lui communiquait le mouvement au moyen de deux bielles verticales appliquées aux extrémités d'une traverse fixée à la tige du piston; les ma-

nivelles de l'un des essieux étaient croisées, par rapport à celles de l'autre essieu, afin d'éviter l'influence des points morts. La chaudière, de 2^{m},44 de long et d'une capacité de 6$^{m.cub.}$,135, était à foyer intérieur cylindrique et présentait une surface de chauffe de 4^{m} car-



1.

rés seulement, ce qui correspondait au plus, sans tirage artificiel, à une force de deux chevaux; toutefois, cette machine put remorquer sur une pente de 0,002 un poids utile de 30 tonnes 1/2 avec une vitesse de 6 kilom. 1/2 à l'heure.

Peu après, G. Stephenson, avec l'aide de l'ingénieur Dodd, imagina de suspendre la chaudière sur les essieux au moyen de cylindres renfermant chacun un piston solidaire avec la boîte à graisse, et pressé à sa surface supérieure par l'eau de la chaudière. Tout ingénieux que fût ce système de ressort de suspension, les auteurs ne tardèrent pas à en reconnaître les inconvénients, et ils le remplacèrent par des ressorts en acier analogues à ceux actuellement employés : ils substituèrent également à la chaîne sans fin, reliant les deux essieux, des bielles d'accouplement extérieures; enfin, ils assurèrent l'alimentation de la chaudière par une pompe foulante mue par le mécanisme moteur lui-même, et puisant l'eau dans une caisse placée sur un *tender* ou chariot d'approvisionnement attelé à la suite de la locomotive. Ces machines, ainsi perfectionnées, pesaient environ 10 tonnes (locomotive, tender, eau et charbon) et remorquaient sur chemin de fer 30 tonnes, poids des wagons compris, avec une vitesse de 10 kilomètres à l'heure.

En 1825, Hacworth apporta une amélioration importante au mécanisme des locomotives en disposant les cylindres latéralement à la chaudière, les faisant agir tous deux sur le même essieu, et conservant les bielles d'accouplement extérieures pour renvoyer le mouvement à l'autre essieu et utiliser ainsi toute l'adhérence des roues.

C'était un grand pas de fait, mais on se trouvait encore arrêté par la faible puissance vaporisatrice des chaudières; cette difficulté ne tarda pas à disparaître. G. Stephenson, par l'injection dans la cheminée d'un jet de vapeur, parvint à donner au tirage l'activité que l'on ne pouvait demander dans l'espèce à un exhaussement de la cheminée, et, dès 1827, M. Seguin aîné, sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, imagina de remplacer la partie du tube intérieur placée au delà du foyer par un grand nombre de tubes calorifères d'un petit diamètre et d'une faible épaisseur; les chaudières tubulaires étaient créées et la surface de chauffe augmentée dans des proportions considérables.

En 1829, au concours ouvert par les directeurs du chemin de fer de Liverpool à Manchester, l'application de ces deux découvertes procura à Robert Stephenson et à la locomotion à la vapeur un éclatant triomphe. *La Fusée* (fig. 2), c'était le nom de la machine présentée par R. Stephenson, était montée sur quatre roues et pesait 4,316 kilogr.; elle remorquait, sur niveau, à la vitesse de 22 kilomètres 1/2 à l'heure, un poids brut de 12,942 kilogr.; la chaudière, de forme cylindrique, avait 1^{m},83 de longueur, y compris une boîte à feu

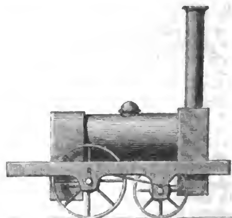


2.

cubique de 0^{m},91 de côté, et la flamme, en sortant du foyer, traversait vingt-cinq tubes calorifères de 0^{m},076 de diamètre; le tirage était activé par l'injection dans la cheminée de la vapeur qui avait fonctionné dans les cylindres placés latéralement à la chaudière, et sous une inclinaison de 45°. Cette machine comprenait la plupart des dispositions de mécanisme que l'on retrouve dans les locomotives actuelles, et Stephenson, le premier, a pris une large part aux perfectionnements qu'elle a reçus depuis.

La Fusée n'offrait, il est vrai, qu'une surface de chauffe de 12 mètres carrés, mais le principe était posé et, en le développant, on obtint successivement des surfaces de chauffe de 30, 50, 70, 100, et même dans ces derniers temps de 125 et 180 mètres carrés; ce qui, joint à l'élévation de la pression de la vapeur dans les chaudières, portée aujourd'hui de 4 à 7, 8 et 9 atmosphères, a donné, sous le rapport de l'effort de traction que ces machines sont susceptibles de développer, des résultats dont l'influence sur les progrès de la civilisation sont incalculables.

Des cylindres extérieurs et inclinés, on arriva bientôt aux cylindres horizontaux, puis, pour leur restituer l'enveloppe de chaleur qu'ils avaient perdue en sortant de la chaudière, et en même temps pour donner à la machine une plus grande stabilité, on imagina de les placer dans la boîte à fumée entre les roues (fig. 3), ce



3.

qui exigea que l'essieu moteur fût doublement coudé à angle droit pour recevoir les bielles des pistons; la fabrication de ces essieux coudés présenta d'abord de grandes difficultés, qui firent plus tard revenir les con-

structeurs aux cylindres extérieurs; ces difficultés n'existent plus, et l'on construit également des machines de l'un et l'autre système suivant la nature du service qu'elles sont appelées à remplir.

Après cet exposé succinct de l'histoire des locomotives, décrivons les machines actuelles.

Une locomotive se compose de trois parties distinctes : la chaudière ou appareil de vaporisation, le mécanisme ou appareil moteur, et le véhicule comprenant le châssis, les supports et les roues. Elle comprend en outre, comme accessoire, le tender ou magasin d'eau et de combustible, ordinairement séparé et attelé immédiatement à la suite de la locomotive.

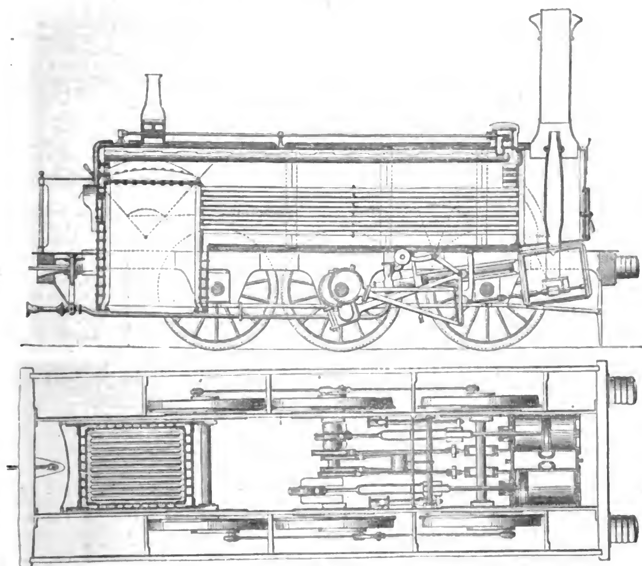
Appareil de vaporisation. La chaudière se compose d'un foyer intérieur, de tubes calorifères, d'une enveloppe extérieure ou chaudière proprement dite, d'une boîte à fumée et de la cheminée.

Le foyer ou boîte à feu (fig. 4 et 5) est de forme parallélipédique et construit en feuilles de cuivre rouge; à la partie inférieure il reçoit la grille qui supporte le combustible. L'une des parois, celle qui se trouve placée vers l'arrière de la machine, est percée d'une ouverture fermée par une porte, qui sert au chargement du combustible; la paroi opposée, dite *plaque tubulaire*, est percée de trous dans lesquels s'engagent les tubes calorifères, qu'on y fixe ordinairement au moyen de bagues ou viroles en fer ou en acier, et quelquefois par un simple mandrinage et matage soigné. Ces tubes ont ordinairement en laiton, toutefois on commence à mployer des tubes en fer. La partie postérieure de la boîte à feu est reliée avec la boîte à fumée par des tirants en fer. Quelques constructeurs suppriment avec raison ces tirants et consolident ces parois planes avec des poutrelles ou des fers d'angle. Le *ciel* ou plafond du foyer est soutenu par des poutrelles ou armatures en fer, calculées pour lui permettre de résister à l'énorme pression qu'il éprouve. Ces poutrelles, tantôt d'une seule pièce, tantôt formées de deux feuilles de tôle placées de champ et assemblées entre elles au moyen de rivets enveloppés d'anneaux servant à empêcher leur rapprochement, sont disposées de telle sorte que l'eau puisse circuler entre leur surface inférieure et le ciel de la boîte à feu Elles sont placées dans le sens de l'axe de la locomotive et généralement espacées de 0m,10 d'axe en axe; elles sont reliées au ciel du foyer par de forts boulons vissés dans son épaisseur et présentant le même espacement.

Les parois latérales de la boîte à feu sont également reliées à l'enveloppe extérieure par des entre-toises, ordinairement en cuivre rouge, espacées également de 0m,10, assemblées à vis avec la boîte à feu et avec son enveloppe extérieure, et en outre rivées.

Dans les machines les plus récentes construites en Angleterre et dans le but d'augmenter la proportion de la surface de chauffe directe, on fait usage d'un bouilleur longitudinal, formant une cloison qui divise la boîte à feu en deux et qui s'élève jusqu'au plafond, à l'exception d'une échancrure ménagée dans la partie qui avoisine les tubes pour faciliter leur pose et leur nettoyage, et en même temps pour éviter d'en réduire

4.



5.

le nombre. Cette disposition est imitée de celle des chaudières tubulaires construites pour les bateaux à vapeur du Rhône, d'abord par l'établissement du Creusot, puis adoptée ensuite par beaucoup de constructeurs lyonnais. On établit actuellement, pour le service de ces bateaux à vapeur, des chaudières tubulaires à haute pression formées d'une seule boîte à feu renfermant trois foyers et portant à la suite trois corps de chaudières cylindriques et un réservoir de vapeur longitudinal situé au-dessus. Entre les foyers et la plaque tubulaire se trouve un espace dit chambre à fumée où s'opère un brassage énergique de l'air aspiré et des produits gazeux et de la fumée qui ont échappé à la combustion; celle-ci devient plus complète, et les plaques tubulaires ainsi que les tubes calorifères ont beaucoup moins à souffrir des effets destructifs des jets de chalumeau auxquels ils sont exposés. Ce mode de construction, qui n'a pas encore été appliqué aux locomotives, permettrait avec des roues d'un certain diamètre qui s'élèveraient alors entre les corps cylindriques, d'obtenir tout à la fois et une surface de chauffe beaucoup plus considérable que celle atteinte jusqu'à ce jour et une pression de vapeur très-élevée, sans être obligé d'une part de dépasser les épaisseurs de tôle qu'il convient d'employer dans la construction des chaudières à vapeur, et d'autre part de donner aux chaudières et par suite aux tubes calorifères une longueur qui présente de graves inconvénients, tant sous le rapport de l'écartement des essieux que surtout sous celui de la dénivellation qui se produit sur les rampes d'une certaine déclivité et qui, découvrant les ciels de foyers ou les tubes, les exposent à des coups de feu, que sous celui de la diminution qu'en éprouve le tirage artificiel qui ne peut être établi qu'en sacrifiant une partie de l'effet utile de la vapeur et produisant à l'échappement une plus forte contre-pression sur les pistons.

Les tubes calorifères ont de 40 à 50 millimètres de diamètre intérieur; leur épaisseur varie de 2 à 2 1/2 millimètres et leur écartement de 15 à 20 millimètres. Leur surface de chauffe totale doit, d'après les résultats de l'expérience, être de neuf à onze fois celle du foyer.

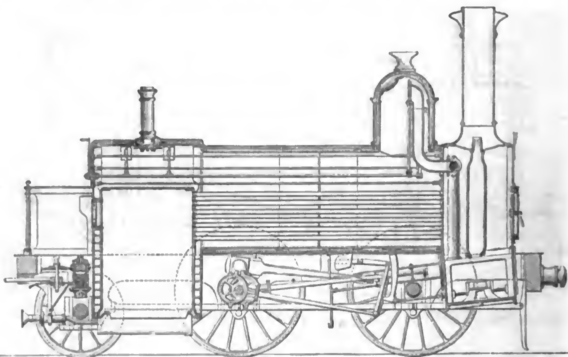
L'enveloppe extérieure ou la chaudière proprement dite est toujours construite en tôle de fer, et se compose de trois parties : l'enveloppe du foyer, celle des tubes dite corps cylindrique et la prise de vapeur. L'enveloppe du foyer ou *boîte à feu extérieure* épouse exactement la boîte à feu à sa partie inférieure et moyenne, et leurs parois planes sont reliées entre elles, comme il est dit ci-dessus, au moyen d'entretoises équidistantes convenablement espacées. En général, la partie supérieure se termine par une portion de cylindre qui se raccorde tangentiellement avec les deux parois latérales. Elle est alors tantôt de même diamètre que le corps cylindrique (fig. 7), tantôt d'un diamètre un peu supérieur et se raccorde avec lui au moyen d'une pièce intermédiaire (fig. 6). Dans les anciennes machines Stephenson, on prolonge les faces verticales de la boîte extérieure jusqu'au niveau de l'arête supérieure du corps cylindrique, puis on les raccorde deux à deux par des portions de surfaces cylindriques qui se coupent en arc de cloître et constituent ce que l'on appelle les chaudières *à dôme carré*. On obtient ainsi au-dessus du foyer une capacité assez considérable qui sert de dôme de prise de vapeur.

L'enveloppe extérieure des tubes ou corps cylindrique est un cylindre horizontal à base généralement circulaire, et parfois elliptique; on en a aussi construit à base en forme de 8, afin d'augmenter la capacité du réservoir de vapeur. Elle est fermée, vers l'avant de la machine, par une seconde plaque tubulaire qui reçoit l'extrémité antérieure des tubes calorifères et qui forme l'une des parois de la boîte à fumée. Les deux plaques tubulaires du foyer et de la boîte à fumée sont ainsi reliées par les tubes qui forment entretoises et, à la partie supérieure, la plaque tubulaire de la boîte à fumée est entretoisée par des tirants en fer avec la face postérieure de l'enveloppe du foyer.

Lorsque les chaudières ne sont pas *à dôme carré*, le dôme de prise de vapeur est formé par un tronc de cylindre surmonté d'une calotte courbe, et se place tantôt sur le corps cylindrique (fig. 6), tantôt sur la portion de cylindre qui recouvre le foyer. Quelques constructeurs emploient deux dômes de prise de vapeur, d'autres les suppriment complétement (fig. 4 et 7).

Pour diminuer les pertes de chaleur, l'enveloppe extérieure est entourée d'une doublure en bois cerclée et même souvent recouverte d'une autre enveloppe en tôle (fig. 4 et 6).

La boîte à fumée (fig. 4, 6 et 7) reçoit les gaz chauds produits par la combustion et sert de raccor-



6.

dement entre les tubes, qu'ils traversent, et la cheminée par laquelle ils s'échappent. Elle est garnie d'une porte qui sert pour la pose, les réparations et le nettoyage des tubes et de diverses autres pièces. Lorsque la disposition de la machine le permet, on ménage, à la partie inférieure de la boîte à fumée, une ouverture fermée par une porte pour vider les cendres.

La cheminée se compose d'un cylindre en tôle qui surmonte la boîte à fumée et dont la hauteur *au-dessus des rails* est généralement limitée à 4m,25, la hauteur minimum des ouvrages d'art étant ordinairement fixée à 4m,30. On la surmonte presque toujours d'un clapet ou capuchon mobile que l'on ferme ou abaisse durant les stationnements pour détruire tout tirage (fig. 7).

Les règlements de police, en France, prescrivent d'intercaler sur le passage des gaz chauds, soit dans la boîte à fumée, soit dans la cheminée, un treillis ou une grille métallique destiné à prévenir l'entraînement des flammèches qui pourraient occasionner des incendies, soit sur les trains, soit sur les talus et abords des chemins de fer. Cette grille se place ordinairement dans la boîte à fumée, immédiatement au-dessus des tubes et au-dessous de l'échappement de vapeur.

Dans le même but, et afin de recueillir les escarbilles et fragments de coke incandescents qui passent à travers la grille et qui, lancés parfois par les roues à de grandes distances, sont une cause fréquente d'incendies, on place généralement au-dessous du foyer un cendrier ou boîte en tôle (fig. 6) souvent garnie sur le devant d'une porte qui sert à régler le tirage. Sur quelques chemins, on y a renoncé, afin de conserver sous les machines une hauteur suffisante, pour qu'elles puissent passer sur un homme couché ou renversé entre les rails sans le toucher, et parce que leur emploi nécessite des fosses pour vider les cendres.

Les appareils de sûreté dont sont munies les chaudières des locomotives sont :

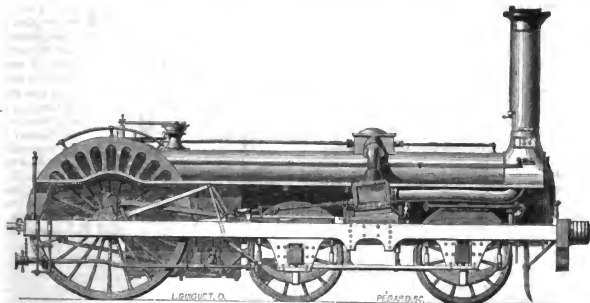
1° Deux soupapes de sûreté, chargées par l'intermédiaire d'un levier, au moyen de ressorts ou balances (fig. 7) dont la tension est réglée à volonté;

2° Un tube en verre, indicateur du niveau de l'eau et des robinets d'épreuve placés sur la partie postérieure de la chaudière de l'un et de l'autre côté de la porte du foyer;

3° Un manomètre. Actuellement on préfère les manomètres métalliques dits MANOMÈTRES BOURDON; toutefois, lorsqu'on place le tuyau du manomètre dans la vapeur, il s'encrasse facilement par l'entraînement mécanique des écumes qui se forment à la surface de l'eau. L'expérience a fait voir que, pour les chaudières locomotives, il était préférable de placer le tuyau du manomètre à 0m,20 environ en contre-bas de la ligne d'eau.

On ajoute souvent aux moyens de sûreté décrits ci-dessus un appareil très-simple et qui finira probablement par devenir obligatoire; cet appareil consiste en un écrou en fer vissé dans l'épaisseur du ciel du foyer, et dans lequel on coule du plomb; ce bouchon de plomb fond lorsque le niveau de l'eau baisse accidentellement dans la chaudière jusqu'au point de découvrir le foyer : la vapeur s'échappe et éteint le feu. On évite ainsi de brûler les foyers.

La chaudière porte en outre des *robinets de vidange* placés à la partie inférieure de la boîte à feu extérieure, quelquefois des *robinets de purge* à la ligne d'eau pour vider le trop plein et surtout pour faire sortir les écumes qui se forment à la surface, des *robinets réchauffeurs* qui servent, pendant les stationnements, à utiliser l'excès de vapeur produite pour échauffer l'eau alimentaire contenue dans le réservoir placé sur le tender, et un sifflet à vapeur (fig. 7) disposé comme celui décrit à MACHINE A VAPEUR, sauf qu'il est adapté à l'extrémité d'un tuyau que le mécanicien ouvre à la main.



7.

L'alimentation d'eau de la chaudière est assurée par deux pompes alimentaires correspondant à chacun des cylindres à vapeur. Les pompes sont toujours à simple effet et à plongeur, c'est-à-dire qu'elles se composent d'un corps de pompe en fonte ou en bronze, dans lequel se meut un plongeur en métal, cylindrique, commandé par la tête de la tige du piston (fig. 5) ou par l'un des excentriques montés sur l'axe des roues motrices. Le plongeur passe à travers un presse-étoupes qui ferme toute issue à l'eau. Au corps de pompe se trouve fixée une boîte à clapets ou à soupapes; très fréquemment ces soupapes sont fermées par des boulets creux et portent le nom de soupapes à boulets. L'eau amenée par un tuyau qui part du tender s'introduit dans le corps de pompe en soulevant la soupape d'aspiration, puis est refoulée dans la chaudière en soulevant le clapet de refoulement. Pour assurer le jeu des soupapes de refoulement, on en place deux à la suite l'une de l'autre et entre les deux un robinet d'épreuve qui sert à amorcer les pompes et à purger l'air qui, en s'accumulant entre les soupapes, peut en empêcher le jeu lorsqu'on vient à rouvrir le robinet placé sur le tuyau d'alimentation. On place en outre sur le tuyau

d'injection et près de la chaudière un clapet de retenue ou un robinet.

Dans certaines machines dites *machines-tenders* (fig. 8), le réservoir d'eau est placé sur le même bâti que la machine, et le tuyau d'alimentation est métallique et rigide.

Dans le cas le plus général, le tender constitue un véhicule complétement distinct de la locomotive; pour raccorder alors la partie du tuyau d'aspiration fixée à la machine avec celle fixée au tender, on s'est longtemps servi d'un tuyau en toile très serrée, attaché sur le bout du tuyau dépendant du tender et portant à l'autre extrémité un écrou s'emmanchant sur l'extrémité filetée de la portion du tuyau attachée à la machine. Actuellement on remplace ordinairement les tuyaux en toile par des *tuyaux à rotule*, composés de deux parties glissant l'une dans l'autre, la partie mâle étant exactement tournée à la surface, la partie femelle portant un presse-étoupes qui forme joint; ces deux pièces sont en outre réunies à chacune des parties fixes du tuyau d'aspiration par un joint à rotule, de telle sorte que la pièce entière puisse se prêter à tous les mouvements relatifs du tender et de la machine. La partie femelle de ce raccord se termine par un entonnoir ou pavillon conique (fig. 4, 6 et 7), qui permet d'y engager la partie mâle par le simple rapprochement de la machine et du tender, les deux parties étant soutenues par des chaînettes qui les maintiennent à peu près dans la position qu'ils doivent occuper habituellement.

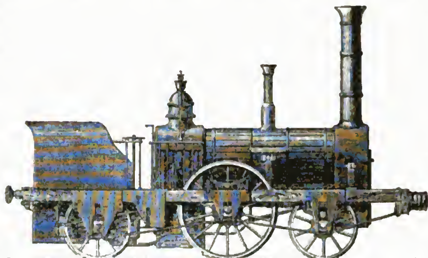
L'alimentation des chaudières entrées dans les gares et stationnements se faisait autrefois exclusivement soit en faisant tourner les roues motrices sur place sur des galets, soit en faisant courir la machine sur des voies spéciales ou sur les voies de service, soit au moyen de machines à vapeur fixes, lorsqu'il y en avait au point de stationnement. On commence à remplacer ces moyens imparfaits par une pompe alimentaire mue par une petite machine spéciale accolée à la chaudière et analogue à celles employées pour le même usage sur les bateaux à vapeur.

Dans les machines qui ont un dôme de prise de vapeur (fig. 6), la prise de vapeur se fait à la partie supérieure dudit dôme et se trouve réglée par un *régulateur* formé par un tiroir à rotation ou à glissement placé ordinairement à l'orifice du tuyau de prise de vapeur et manœuvré par un levier, ou une manivelle, placé sous la main du mécanicien.

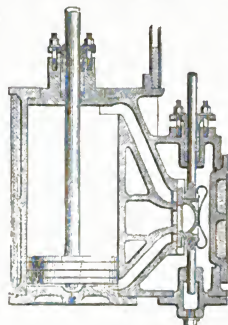
Dans les machines qui n'ont pas de dôme de prise de vapeur (fig. 4 et 7), le tuyau de prise de vapeur est horizontal, occupe toute la longueur de la chaudière, et se raccorde dans un point voisin de l'extrémité d'avant avec une boîte en fonte placée à l'extérieur et qui comprend le régulateur placé à l'orifice du tuyau plein qui conduit la vapeur aux cylindres; en dessus du premier tuyau se trouve pratiquée une fente longitudinale qui règne sur toute sa longueur, ou une série de petites fentes (fig. 4), et par suite, il puise la vapeur dans toute l'étendue de la chaudière.

Le tuyau de conduite de vapeur, à la sortie de la chaudière, se bifurque pour se rendre aux deux cylindres (fig. 6 et 7), à moins toutefois qu'il ne s'agisse d'une machine à cylindres intérieurs ayant une boîte de tiroirs commune.

Appareil moteur. Les cylindres à vapeur sont en fonte à double effet (fig. 9) et à distribution par tiroirs. Chaque cylindre est percé à ses extrémités de deux lumières pour l'introduction et l'échappement alternatifs de la vapeur. Les orifices extérieurs de ces lumières viennent déboucher dans une capacité fermée qui porte le nom de *boîte à tiroir*. Entre ces deux derniers orifices se trouve un orifice intermédiaire qui communique avec le *tuyau d'échappement* de la vapeur. Le piston est toujours métallique; il se compose de deux plateaux enfilés sur la tige et comprenant entre eux une garniture qui se compose habituellement de 2 segments, cercles ou anneaux en fonte entiers, coupés sur un point de leur circonférence, et dont les joints se recouvrent; leur élasticité propre et à défaut l'action de ressorts intérieurs les maintient constamment appliqués contre les parois alésées du cylindre. Il convient de faire ces cercles en fonte un peu plus douce que les cylindres, afin qu'ils ne les ovalisent pas.



8.

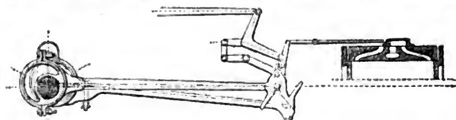


9.

La tige du piston traverse le fond du cylindre à travers un presse-étoupes et est fixée à son extrémité extérieure dans une *tête* ou *coquille*, pièce parallélipédique armée de deux *patins* ou *coulisseaux* glissant entre deux guides parallèles qui portent le nom de *glissières* (fig. 4, 5 et 6). La coquille reçoit également la petite tête de la bielle motrice simple (fig. 7) ou à fourchette (fig. 4 et 5), qui transmet le mouvement du piston à l'essieu moteur.

Lorsque les cylindres sont intérieurs aux roues (fig. 4, 5, 6 et 8), les bielles motrices agissent sur des manivelles formées par des coudes de l'essieu des roues motrices, et lorsqu'ils sont extérieurs aux roues (fig. 7), elle agit sur des boutons de manivelle fixés sur des renflements du moyeu de chacune des roues motrices.

L'essieu moteur porte, pour chaque cylindre, deux *excentriques*, l'un pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière; les *colliers* qui les enveloppent portent les *barres d'excentriques* droites et parfois coudées pour éviter des arbres de rotation, qui transmettent aux tiroirs le mouvement de va-et-vient qui

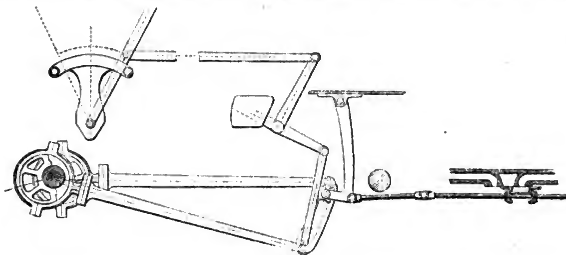


10.

produit la distribution. Dans les anciennes machines (fig. 10), chaque barre d'excentrique se terminait par un V ou *pied de biche* de dimensions suffisantes pour embrasser dans toutes les positions le bouton placé à l'extrémité inférieure du levier de distribution; les deux barres d'excentrique étaient liées entre elles par une entretoise articulée, et pouvaient être abaissées ou relevées au moyen de l'appareil de changement de marche, de telle sorte que le mécanicien pût embrayer pendant la marche le levier de distribution avec l'un ou l'autre des excentriques et faire marcher la machine en avant ou en arrière; dans ce mouvement, l'une des deux branches du pied de biche vient s'appuyer sur le bouton du levier de distribution, le fait glisser jusqu'à ce qu'il vienne se loger au fond dudit pied de biche en déplaçant le tiroir. Dans les nouvelles machines ou remplace le système à pieds de biche qui vient d'être décrit par une coulisse en arc de cercle (fig. 11) dite *coulisse Stephenson*, qui relie les extrémités des deux barres d'excentriques et dans laquelle se trouve engagée à frottement la tête de la bielle qui commande la tige du tiroir.

L'appareil de changement de marche se compose d'un levier placé sous la main du mécanicien, d'une bielle de renvoi et d'un arbre de changement de marche portant trois manivelles ou leviers, l'un attaché à l'extrémité de la bielle du levier du mécanicien, les deux autres reliés chacun par une bielle articulée à ses extrémités avec le système des pieds de biche ou avec la coulisse qui le remplace, ainsi que l'indiquent les fig. 10 et 11. On donne toujours aux tiroirs un certain recouvrement extérieur, ce qui exige, pour que la vapeur puisse arriver sur le piston, aussitôt qu'on change le sens de sa marche, que l'on donne de l'avance à l'admission en calant l'excentrique par rapport à la manivelle sur laquelle agit le piston, sous un angle qui diffère de l'angle droit d'une quantité correspondant à la largeur dudit recouvrement. De ce calage angulaire de l'excentrique, il résulte par contre que l'admission de la vapeur se trouve interceptée avant que le piston n'ait atteint l'extrémité de sa course, et pendant la fin de la course la vapeur n'agit que par sa détente; il est également facile de voir qu'il en résulte (fig. 10) une avance à l'échappement de vapeur, ce qui réduit d'autant la contre-pression derrière le piston. Pour remédier au défaut de montage des pièces et au jeu qu'elles prennent par l'usure, on donne également un très léger recouvrement aux bords intérieurs du tiroir et on augmente un peu le calage angulaire de l'excentrique, de manière à ce que l'admission de la vapeur ait lieu derrière le piston, un peu avant la fin de sa course.

On obtient donc ainsi par l'avance à l'admission et le recouvrement extérieur des bords du tiroir une *détente fixe*. Pour produire une *détente variable* au gré du mécanicien, on a d'abord employé deux tiroirs superposés; le plus usité de ces systèmes à détente variable par deux tiroirs est celui de Meyer de Mulhouse, qui est appliqué sur un assez grand nombre de locomotives en Allemagne. Dans ce système, le tiroir supérieur se compose de deux taquets en forme d'écrous montés sur un même axe fileté en sens inverse, de telle sorte qu'en faisant tourner cet axe dans un sens ou dans l'autre, on écarte ou rapproche à volonté les deux taquets, et on fait ainsi varier la période pendant laquelle les taquets laissent arriver la vapeur de la boîte des tiroirs aux lumières du tiroir inférieur.



11.

On peut également employer la coulisse à produire une détente variable, et ce procédé est actuellement le seul employé à cause de sa simplicité. En effet, en déterminant, soit par le calcul, soit par une épure ou tracé graphique, la position de la coulisse pour chaque position de la manivelle motrice et celle d'un quelconque de ses points, on reconnaît qu'en changeant la position, dans la coulisse, du coulisseau qui agit sur la tige du tiroir, au moyen de l'appareil de relevage ou de changement de marche, la course du tiroir varie; que cette course est à son maximum lorsque le coulisseau est aux extrémités de la coulisse et à son minimum lorsqu'il est au milieu, et que dans ce dernier cas le recouvrement est en général suffisant pour que le faible déplacement du tiroir, qui existe encore par suite de la rotation de l'essieu moteur, ne puisse plus

découvrir les lumières d'admission et permettre par suite à la vapeur de pénétrer dans les cylindres.

On constate de la même manière, en faisant varier la position du coulisseau, que le rapport existant entre la marche du tiroir et celle du piston varie également et donne par suite lieu à une détente variable. On modifie les conditions de cette détente en faisant varier le rayon d'excentricité ou la course des barres d'excentrique, l'angle de calage des excentriques, la position des points d'attache des barres d'excentrique à la coulisse, le rayon de courbure de la coulisse, etc., de manière à obtenir une distribution de vapeur aussi régulière que possible dans les limites de la détente et du service habituel de la machine. A cet effet, on détermine ordinairement les conditions des divers éléments ci-dessus au moyen d'un modèle en bois représentant les diverses pièces du mécanisme ci-dessus, que l'on fait marcher à la main et dont l'on peut modifier à volonté les éléments, de manière à étudier par des tâtonnements la distribution de vapeur produite par chacune de ces modifications.

Nous avons déjà parlé du tuyau d'échappement de vapeur. En Allemagne, les constructeurs de locomotives conservent fréquemment, complétement distincts, les tuyaux d'échappement correspondant à chacun des cylindres; en France et en Angleterre, on les réunit immédiatement, au sortir des cylindres, en un seul tuyau qui monte au milieu de la boîte à fumée (fig. 4 et 6), jusqu'à la base de la cheminée, ou bien on n'effectue cette réunion qu'à l'origine de la cheminée, afin d'éviter en majeure partie la contre-pression dans les cylindres résultant d'un tuyau d'échappement commun, réaction notable il est vrai, mais dont toutefois on s'est exagéré un peu l'importance.

En général, en France et en Allemagne, on rend la section de l'orifice d'échappement variable, en terminant cet orifice (fig. 4 et 6) par un ajustage rectangulaire dont deux des faces sont mobiles autour d'axes horizontaux, formant charnières, placés à leur partie inférieure et commandés par un système de tringles, leviers ou secteurs dentés, qui viennent aboutir à la plate-forme du mécanicien. On peut ainsi faire varier à volonté la vitesse d'échappement de la vapeur dans la cheminée et par suite l'activité du tirage à travers le foyer et la contre-pression.

Véhicule. Le bâti ou *châssis* de la locomotive se compose de deux pièces longitudinales dites *longerons*, en bois recouvert de tôle et le plus ordinairement en fer forgé méplat, posé de champ, reliés entre eux par des *traverses* en bois et en fer, de manière à former un cadre qui supporte la chaudière et tout le mécanisme. Il est porté lui-même par l'intermédiaire de ressorts, de plaques de garde et de boîtes à graisse, sur les essieux des roues.

La rigidité du châssis est complétée par des entretoises qui relient entre elles la partie inférieure des plaques de garde et par les pièces qu'il supporte, chaudière, etc. Les plaques de garde qui embrassent les boîtes à graisse sont parfois venues à la forge avec le longeron même (fig. 6), parfois formées de deux plaques de tôle appliquées de part et d'autre du longeron (fig. 4, 7 et 8), et assujetties au moyen de rivets.

Les châssis sont tantôt intérieurs, tantôt extérieurs aux roues. Dans quelques cas on emploie deux châssis, l'un intérieur, l'autre extérieur aux roues. Dans ce cas, qui ne s'applique généralement qu'à des machines à voyageurs à roues non accouplées et à cylindres extérieurs, le châssis intérieur porte les boîtes à graisse de l'essieu moteur, et le châssis extérieur porte celles des deux autres essieux et sert en même temps à assurer l'immobilité des cylindres à vapeur. Dans quelques cas cependant (fig. 5) on emploie un châssis intérieur portant toutes les plaques de garde et un faux châssis extérieur, qui sert seulement à augmenter la rigidité du bâti et à supporter une galerie extérieure pour la visite et le service de la machine en marche. La traverse d'avant est toujours en bois de chêne et porte en avant, au milieu, un crochet ou anneau avec un bout de barre d'attelage, et en regard des longerons deux *tampons de choc* (fig. 4, 5, 6, 7 et 8) rembourrés en chanvre, feutre ou caoutchouc.

La traverse d'arrière est en bois ou en fer. Elle porte la barre d'attelage et des anneaux qui reçoivent les crochets des chaînes de sûreté, si celles-ci sont attachées au tender, ou ces chaînes elles-mêmes.

Les accessoires du châssis sont les *chasse-pierres* placés à l'avant de la machine (fig. 4, 6 et 7), une *plate-forme* qui règne tout autour de la machine, ou seulement à l'arrière à l'endroit où se trouve le mécanicien, et qui, dans cette partie, est munie d'un *garde-corps*, de *marchepieds* placés à l'arrière, etc.

Le châssis et toute la machine, chaudière et appareil moteur qui s'y rattachent, sont portés par des roues dont le nombre varie de quatre à huit. Les roues sont montées deux à deux sur un essieu en fer forgé avec lequel elles sont rendues complétement solidaires. Les *fusées* de ces essieux tournent dans des coussinets, ordinairement en bronze, enfermés dans des boîtes à graisse encastrées dans les plaques de garde, et dont les parties supérieures sont reliées aux longerons par l'intermédiaire de ressorts placés tantôt au-dessus de la boîte à graisse (fig. 8), tantôt au-dessous (fig. 7).

Les roues des locomotives sont complétement en fer forgé, à l'exception du moyeu qui se fait encore habituellement en fonte. La partie extérieure de la *jante* porte le nom de *bandage* et est garnie d'une saillie intérieure dite *mentonnet* ou *boudin*, destinée à empêcher la machine de sortir de la voie; cette saillie est de $0^m,03$ à $0^m,04$ et le profil du bandage présente de l'extérieur à l'intérieur de la voie une inclinaison de $1/20^e$ à $1/16^e$.

Les bandages sont en fer dur aciéreux, et quelquefois en acier fondu. En général, on élève la jante à l'extérieur et le bandage à l'intérieur, et on cale ce dernier à chaud sur la jante. Enfin on les relie l'un à l'autre au moyen de rivets ou de boulons noyés dans l'épaisseur du bandage. Sur le chemin de Saint-Étienne, on intercale entre la jante et le bandage un cercle en bois que l'on picote ou serre contre ces deux pièces, en y chassant des coins en bois puis en fer. Ce dernier mode d'assemblage est très solide, permet de cintrer exactement les bandages sans qu'il soit nécessaire de les reporter sur le tour, évite les bris qui résultent souvent d'un serrage à chaud trop fort, et procure à la roue une élasticité favorable à sa conservation et à celle de la voie. Les parties des essieux sur lesquelles sont fixées les roues portent le nom de *parties de calage*. On monte les roues sur leurs parties de calage, à frottement dur, à l'aide d'une presse à vis ou d'une presse hydraulique, et quelquefois au moyen d'un simple mouton, et on achève de les y fixer par des clavettes engagées partie dans les moyeux, partie dans les parties de calage et suivant leurs génératrices.

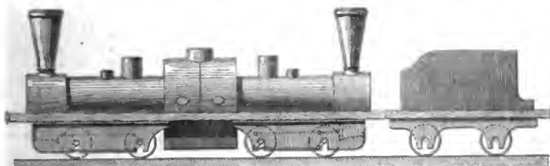
On donne aux fusées des essieux des diamètres un peu plus faibles ou un peu plus grands que ceux des parties de calage, suivant que les châssis sont extérieurs ou intérieurs aux roues. Pour les essieux droits, au lieu de les faire cylindriques ou même légèrement renflés à leur milieu, il est nécessaire de leur donner en ce point une épaisseur notablement moindre, afin d'augmenter leur résistance à la rupture et de leur procurer un peu d'élasticité.

Tender. On donne le nom de *tender* à un véhicule attelé à la suite de la machine et portant l'eau et le coke nécessaires pour l'alimentation de la machine. Il porte une *caisse à eau* ordinairement en forme de fer à cheval, dans l'intérieur duquel se place le coke sur un

plancher en tôle; le tout repose sur un châssis porté par deux ou trois paires de roues munies d'un frein que manœuvre au besoin le chauffenr. La traverse d'arrière du tender porte des tampons de choc, ordinairement élastiqnes, un crochet de traction et des chaînes de sûreté pour l'attelage, qui le retient au convoi.

Comme nous l'avons dit plus haut, certaines machines destinées à desservir exclusivement de faibles parcours, portent avec elles leur eau et leur coke (8).

De la stabilité des machines locomotives. L'instabilité que présentent en marche certaines machines tient à un grand nombre de causes, qui donnent lieu à diverses oscillations longitudinales ou transversales, dans le sens vertical ou horizontal, connues sous les noms de mouvements de galop, de roulis, de tangage et de lacet. Un bon établissement de la voie et, en ce qui concerne la machine, un parallélisme aussi exact que possible des essieux et une égalité parfaite des roues du même essieu, une répartition convenable de la charge sur les essieux, un écartement suffisant des essieux extrêmes, détruisent ou rendent à peu près insensibles une partie de ces oscillations. On parvient également, par l'application de contre-poids aux jantes ou entre les rais des roues motrices, à équilibrer les parties tournantes ainsi que les pièces animées d'un mouvement alternatif. Cette application des contre-poids existant depuis longtemps sur des machines fixes et des machines de bateaux, a été étudiée dans son application aux locomotives d'abord par M. Nallau, puis par M. Lechâtelier, et depuis l'usage des contre-poids est devenu à peu près général pour les locomotives. Toutefois, comme afin de réduire ces contre-poids on les place ordinairement sur la jante même des roues motrices, et qu'alors leur puissance augmente en raison de la vitesse, il faut toujours (comme on doit le faire pour l'exhaussement du rail extérieur dans les courbes) les calculer pour la vitesse maximum que peuvent prendre les machines, sous peine de s'exposer à soulever la machine et à la jeter en dehors de la voie, ce qui est arrivé dernièrement en France à plusieurs machines à grande vitesse.



12.

Des divers systèmes de machines locomotives.

Machines à voyageurs. Les machines à voyageurs à grande vitesse sont à roues indépendantes. Les roues motrices ont un diamètre aussi grand que possible; elles sont quelquefois placées au milieu (fig. 8) et généralement à l'arrière, comme dans les machines Crampton (fig. 7), lorsqu'on veut obtenir de très grandes vitesses (80 kilomètres à l'heure et au-dessus); les cylindres à vapeur sont extérieurs (fig. 7), et cette disposition paraît être la meilleure.

Machines mixtes. On donne le nom de machines mixtes aux machines destinées à desservir les *trains omnibus* sur des lignes à peu près de niveau, et tous les trains de voyageurs sur des rampes un peu fortes. Pour augmenter l'adhérence de ces machines, on relie l'axe des roues motrices, qui est toujours placé au milieu, avec l'axe des roues d'arrière ou avec l'axe des roues d'avant au moyen de bielles d'accouplement extérieures aux roues, et articulées sur des boutons fixés sur des appendices fixés aux roues ou sur des manivelles placées aux extrémités des deux axes. Les machines du premier système proviennent ordinairement de la transformation de machines primitivement à roues indépendantes. Lorsque l'on a au contraire tout d'abord des machines mixtes, il est préférable pour la stabilité de la machine d'accoupler l'essieu moteur avec l'essieu d'avant (fig. 6). Dans tous les cas, les roues accouplées doivent avoir le même diamètre. Quelquefois ces machines sont à cylindres extérieurs, mais en général, et en partie pour éviter un porte à faux trop considérable des bielles d'accouplement, on les construit à cylindres intérieurs placés dans la boîte à fumée, essieu moteur coudé et châssis intérieur aux roues.

Machines à marchandises. Pour les machines à marchandises, les roues sont encore plus petites que pour les machines mixtes; elles sont toutes égales et rendues solidaires par des bielles d'accouplement qui relient l'essieu moteur avec les deux autres essieux (fig. 4 et 5). Le châssis est intérieur aux roues et les cylindres sont ordinairement intérieurs, ce qui exige un essieu moteur coudé.

Machines-tender. On donne ce nom aux machines desservant un faible parcours, et qui portent avec elles leur eau et leur coke (fig. 8).

Machines américaines. Les machines américaines diffèrent des machines ordinaires en ce que l'avant des machines est supporté par un train de quatre roues mobiles autour d'une cheville ouvrière, afin de faciliter le passage dans les courbes d'un très faible rayon; y compris les quatre roues d'avant, elles sont à six ou à huit roues. Dans les chemins ordinaires du continent on renonce à leur emploi, parce qu'elles fatiguent plus que les locomotives ordinaires et donnent lieu à de fréquentes ruptures d'essieu.

Machines pour les fortes rampes. Pour gravir la rampe de Rive de-Gier à Saint-Etienne, qui a 0,014, M. Verpilleux a imaginé d'utiliser l'adhérence des roues du tender en les accouplant entre elles, et les faisant mouvoir par deux cylindres à vapeur placés dans ce véhicule et recevant également la vapeur de la chaudière.

Avec de fortes machines à six roues couplées, on gravit aisément des rampes de 0,015, 0,025 et même 0,030, surtout en jetant du sable sur les rails pour augmenter l'adhérence.

L'inconvénient d'employer de fortes machines ordinaires à six roues couplées, et qui par suite ont de très longues chaudières, est de deux natures. D'un côté l'écartement des essieux extrêmes peut dépasser les limites que comporte le faible rayon des courbes que l'on est conduit à adopter dans le tracé du chemin pour diminuer la raideur des rampes; d'un autre côté la longueur des chaudières produit, avec la plus grande facilité, sur les rampes fortes, suivant le sens du mouvement, l'émersion de l'extrémité des tubes ou, ce qui est infiniment plus grave, celle du ciel du foyer et de la partie supérieure de la plaque tubulaire. Ces pièces n'étant plus recouvertes d'eau, reçoivent des coups de feu, rougissent et se détériorent, ce qui donne lieu à

des réparations très coûteuses. Pour obvier à ces inconvénients, on a construit dernièrement à Seraing, pour le passage des Alpes, sur le chemin de Vienne à Trieste, une locomotive qui mérite une mention particulière. Cette locomotive (fig. 12) offre à peu près l'aspect de deux locomotives à quatres roues couplées adossées dos à dos; toutefois les deux chaudières, qui sont fixées sur un seul et même bâti, sont en communication d'eau et de vapeur en ce sens que l'on a enlevé les parois postérieures des deux boites à feu, suivant lesquelles se fait la jonction. Les foyers et les tubes forment deux systèmes indépendants, et il y a deux portes de chargement placées latéralement et du même côté. La plate-forme postérieure des machines ordinaires est remplacée par deux galeries latérales, affectées l'une au mécanicien et l'autre au chauffeur. Le châssis général s'appuie sur deux trains, chacun à quatre roues couplées mobiles sur chevilles ouvrières; chacun de ces trains porte deux cylindres à vapeur agissant sur les roues. En résumé, cette machine est à huit roues couplées et quatre cylindres à vapeur; elle passe facilement dans des courbes d'un très faible rayon, a une puissance considérable, et sur les rampes on ne court pas le risque d'immerger ses foyers; cela n'arrive tout au plus que pour l'extrémité des tubes calorifères supérieurs, ce qui est peu dangereux; enfin, la symétrie complète de la machine dispense de toutes manœuvres sur les plaques tournantes, etc.

Nous résnmons, dans un tableau, les principales dimensions des locomotives, types de divers services.

DÉSIGNATION.		MACHINE A VOYAGEURS. *Crampton* (fig. 7).	MACHINE MIXTE. *Rhône* (fig. 6).	MACHINE A MARCHANDISES. *Lyon* (fig. 4 et 5)	*Nord* (nouvell.)	MACHINE POUR RAMPES de 0,025, *Seraing* (fig. 12)
Longueur	de la boîte à feu.	m. 1,370	1,203	1,210	1,360	» »
	du corps cylindrique.	3,550	3,400	3,940	3,200	3,26
Largeur ou diamètre	de la boîte à feu.	1,030	1,042	0,904	1,065	» »
	du corps cylindrique.	1,200	1,146	1,238	1,500	1,04-1,04
Boîte à fumée. — Longuenr.		0,675	0,762	0,850	» »	» »
Tubes	nombre.	178	155	154	250	170
	diamètre.	0,047	0,046	0,046	» »	» »
Surface de chauffe	du foyer.	7,377	7,860	7,188	9,690	totale.
	des tubes.	94,962	77,600	92,755	115,550	172,000
Capacité de la chaudière.		3,392	3,540	4,370	» »	» »
Cheminée	diamètre.	0,400	0,400	0,400	» »	» »
	haut. au-dessus la boîte à fumée.	1,950	1,917	1,710	» »	» »
Pompes alimentaires	diamètre du plongeur.	0,064	0,052	0,055	» »	» »
	course.	0,550	0,560	0,600	» »	» »
Diamètre des tuyaux	de prise de vapeur.	0,145	0,138	0,140	» »	» »
	d'échappement	0,160	0,23-0,08	0,130	» »	» »
Angle d'avance du calage.		15 degrés	33 degres	14 degrés	» »	» »
Recouvrem. du tiroir	intérieur.	0,007	0,001	0,001	» »	» »
	extérieur.	0,028	0,021	0,024	» »	» »
Limites de l'admission variable de vapeur.		0,25-0,80	0,26-0,77	0,23-0,78	en centièmes de la course.	
Cylindres à vapeur	écartement d'axe en axe.	1,850	0,670	0,690	» »	» »
	inclinaison.	0 degré	5 degrés	7 degrés	7 degrés	» »
Pistons	diamètre.	0,400	0,400	0,420	0,460	0,406
	course.	0,550	0,560	0,600	0,630	0,305
Écartement des longerons d'axe en axe.		1,282-2,418	1,260	1,226	» »	» »
Écartement intérieur des roues.		1,355	1,360	1,360	» »	» »
— des essieux extrêmes.		4,860	4,230	3,435	4,700	2,110
— des roues d'avant.		1,350	1,600	1,500	1,440	
— — du milieu.		1,220	1,600	1,500	1,440	1,060
— — d'arrière.		2,100	1,100	1,500	1,440	
Essieu d'avant : Diamètre	aux fusées.	0,150	0,165	0,160	» »	» »
	aux parties de calage.	0,230	0,186	0,180	» »	» »
	au milieu.	0,160	0,155	0,150	» »	» »
Essieu du milieu : Diamètre	aux fusées.	0,180	0,165	0,170	» »	» »
	aux parties de calage.	0,190	0,186	0,180	» »	» »
	au milieu.	0,150	0,160	0,165	» »	» »
Essieu d'arrière : Diamètre	aux fusées.	0,180	0,130	0,160	» »	» »
	aux parties de calage.	0,210	0,150	0,180	» »	» »
	au milieu.	0,172	0,125	0,150	» »	» »
Bandages	largeur.	0,140	0,140	0,140	» »	» »
	conicité.	1/20e	1/20e	1/20e	» »	» »
	saillie du boudin.	0,039	0,040	0,040	» »	» »
Répartition du poids de la machine avec eau	sur l'essieu d'avant.	9,576	7,247	0,049	» »	» »
	— du milieu.	3,337	8,904	7,049	» »	» »
	— d'arrière.	8,100	4,175	7,049	» »	» »
Poids total de la machine	avec eau	27,319k	25,426	26,500	33,340	» »
	sans eau.	24,197	22,080	22,700	29,445	56,050
Poids du tender	vide.	9,951	8,000	12,546	» »	» »
	avec eau et charbon.	17,566	15,400	20,016	» »	» »

P. DEBETTE.

M

MACHINE A VAPEUR (HISTORIQUE ET NOTIONS GÉNÉRALES). L'importance si grande dans l'industrie moderne de la machine à vapeur, nous engage à exposer sous forme historique, dans l'ordre chronologique de leur découverte, les inventions successives qui ont constitué la machine à vapeur telle que nous la voyons de nos jours. L'intérêt qui s'attache à la question de l'invention de la machine à vapeur, ainsi que le talent de l'auteur, expliquent l'éclatant succès de la notice que le savant secrétaire de l'Académie des sciences, M. Arago, a publiée dans l'*Annuaire du bureau des longitudes, pour* 1830. Nous ferons de fréquents emprunts à ce remarquable travail, que nous ne saurions trop engager nos lecteurs à étudier dans son entier.

Plus récemment M. Lalanne a publié dans le *Magasin pittoresque* une notice fort curieuse sur les origines de la machine à vapeur, dont nous profiterons également.

Posons d'abord avec M. Arago : « Qu'on a eu tort de considérer la machine à vapeur comme un objet simple dont il fallait absolument trouver l'inventeur... Dans la machine à vapeur, il existe plusieurs idées capitales qui ne peuvent être sorties de la même tête. Les classer par ordre d'importance, donner à chaque inventeur ce qui lui appartient, rapporter exactement les dates des diverses inventions, tel doit être l'objet de l'historien. »

Quelles sont les idées capitales qui ont joué le plus grand rôle dans l'invention de la machine à vapeur? Ce sont évidemment celles qui se rapportent aux propriétés de la vapeur, les organes et les dispositions mécaniques ne tirant leur importance que des propriétés de la vapeur qu'ils permettent d'utiliser. On peut diviser en deux parties les notions principales relatives à la vapeur d'eau; celles qui résultent de la première inspection de tout vase plein d'eau qui est placé sur le feu, et celles qui exigent des recherches, des mesures, c'est-à-dire :

1° Les premières, celles qui résultent de l'observation de la pression, de la force qu'acquiert l'eau en se vaporisant, de la propriété qu'elle acquiert de soulever des poids, de la vitesse avec laquelle elle s'élève dans l'air ;

2° Les secondes notions se rapportent à l'observation du volume considérable qu'occupe la vapeur, relativement à celui de l'eau qui a servi à la produire; de la conversion rapide de la vapeur en eau lorsqu'on la refroidit, du vide qui en résulte, et par suite de l'action que produit la pression atmosphérique en présence de ce vide. Ces dernières propriétés devaient nécessairement être postérieures aux grandes découvertes de Galilée et Torricelli sur la pression de l'atmosphère.

En réalité, il n'est guère que ces dernières notions qui puissent être étudiées dans les écrits des inventeurs de la machine à vapeur, car les premières sont pour ainsi dire connues de toute antiquité, et nous allons voir que plusieurs anciennes inventions fort différentes de la machine à vapeur moderne reposaient sur celle-ci.

Le plus ancien ouvrage grec dans lequel on trouve la description d'appareils dont le jeu est fondé sur l'emploi de la vapeur, sur ses propriétés facilement applicables, est celui de Héron d'Alexandrie, né cent vingt ans avant Jésus-Christ, dont le traité est connu sous le nom de *Spiritalia*. Il décrit en ces termes l'effet d'un jet de vapeur vertical sur un corps léger qu'on y plonge :

« Les boules dansent de cette manière : une marmite contenant de l'eau, et munie d'une ouverture, est soumise à l'action du feu; de l'ouverture sort un tube terminé à son extrémité supérieure par une demi-sphère creuse (fig. 1). Si nous jetons une petite boule légère dans la demi-sphère creuse, la vapeur qui sortira par le tube soulèvera la petite boule qui paraîtra danser. » (*Vet. math.*, p. 198.)



1.



2.

Les appareils à réaction étaient fort en honneur chez les Grecs, et il était naturel que l'on essayât de remplacer l'eau en mouvement par la vapeur. Tel est le cinquantième appareil décrit par Héron, qui présente une application ingénieuse, quoique stérile, de la force motrice de la vapeur (fig. 2). Laissons parler l'auteur grec :

« Faire mouvoir une petite sphère sur des pivots au moyen d'une marmite échauffée.

« Soit A B une marmite contenant de l'eau et soumise à l'action de la chaleur. On la ferme au moyen d'un couvercle que traverse le tube recourbé F F, qui traverse la petite sphère creuse C D suivant un diamètre. De la sphère sortent deux tubes placés suivant un diamètre, et recourbés à angles droits en sens inverse l'un de l'autre. Lorsque la marmite sera échauffée, la vapeur passera par le tube F F dans la sphère, et sortant par les tubes infléchis fera tourner la sphère. »

La propriété de la vapeur de fournir un courant rapide était utilisée dans un petit appareil dont les anciens faisaient usage, nous voulons parler des éolypiles. Voici comment les décrit Vitruve :

« Les éolypiles, dit-il, sont des boules d'airain qui sont creuses et qui n'ont qu'un très petit trou par lequel on les remplit d'eau. Ces boules ne poussent aucun air avant d'être échauffées, mais étant mises devant le feu, aussitôt qu'elles sentent la chaleur, elles envoient un vent impétueux vers le feu, et ainsi enseignent, par cette petite expérience, des vérités importantes sur la nature de l'air et des vents. »

On voit par ce passage que les anciens faisaient confusion entre la nature de l'air et celle de la vapeur; mais toujours est-il que le mouvement de celle-ci leur paraissait pouvoir fournir l'explication de nombreux phénomènes de la nature. C'est ainsi que Sénèque cherche à expliquer les tremblements de terre par les effets que peut produire la vapeur d'eau.

En suivant les travaux qui se rapportent à l'utilisation de la pression et de la vitesse de la vapeur sortant

par un orifice d'un vase dans lequel elle est produite par l'action de la vapeur, nous trouvons le projet d'un canon à vapeur, découvert dans les manuscrits de Léonard de Vinci. Il est assez remarquable que l'auteur rapporte à Archimède l'invention de l'*architonnerre*, comme il appelle sa machine. Comme le remarque M. Lalanne, il y a en effet une liaison intime entre l'appareil de Héron, que nous avons rapporté en commençant, et le canon à vapeur que Léonard de Vinci attribue à Archimède, dont le nom est probablement pour lui une personnification de l'époque grecque. Il suffit en effet d'ouvrir brusquement à l'aide d'un robinet le passage de la vapeur renfermée dans une chaudière, pour que la balle placée dans un long tube dans lequel passe cette vapeur soit lancée avec force, et qu'on obtienne un appareil très voisin de celui de l'ingénieur italien. Léonard de Vinci, né en 1452, mourut en 1519.

Nous renvoyons à la notice de M. Arago pour la description d'un essai d'application de la vapeur à la navigation, qui paraît avoir été fait en 1543, à Barcelonne, par Blasco de Garay. M. Arago montre que, suivant toute probabilité, le capitaine espagnol ne fit que tenter une application ingénieuse de l'éolypile de Héron, qui n'eut et ne pouvait avoir qu'un intérêt de curiosité.

En 1629, Giovanni Branca, ingénieur et architecte distingué, publia un volume intitulé *Le machine del Sig. Branca*. Dans les machines décrites dans ce livre, il en est une qui consiste en une tête creuse qui se remplit d'eau, et qui, chauffée, lance par la bouche un jet de vapeur qui vient pousser les palettes d'une roue horizontale et la fait tourner. Cette machine a presque été reprise dans ces dernières années par M. Pelletan, qui, s'exagérant les effets de la vapeur en mouvement, avait cru que des dispositions ayant quelque analogie avec celles de la machine de Branca pourraient être utilisées pour les machines de force minime. L'expérience lui a indiqué, ce que montre bien la théorie, qu'il n'y avait pas de résultats avantageux à obtenir de la vapeur non emprisonnée dans un vase pour produire une impulsion. Revenons à la voie suivie par les inventeurs de la machine à vapeur moderne, qui ont utilisé les propriétés de la vapeur d'eau que nous avons énumérées en second lieu.

Dans un livre devenu célèbre et actuellement fort rare (1), Salomon de Caus montre qu'il connaît les principales propriétés de la vapeur. Il sait que la vapeur se condense par le froid, de manière à reformer précisément le volume de l'eau qui s'était vaporisée. Ailleurs il dit qu'une balle de cuivre d'un pied ou deux de diamètre, et épaisse d'un pouce, étant remplie d'eau par un petit trou que l'on bouche ensuite, éclate avec fracas lorsqu'elle est chauffée sur un grand feu. Enfin, notre fig. 3 représente un appareil qui, tout imparfait qu'il est, peut être considéré comme le germe de celui qu'employa plus tard le capitaine Savory. Cette figure est insérée dans le théorème V de l'ouvrage de Salomon de Caus, ainsi conçu : « *L'eau montera par suite du feu plus haut que son niveau*...

« Le troisième moyen de faire monter l'eau par l'aide du feu, dont il se peut faire diverses machines. J'en donnerai ici la démonstration d'une :

« Soit une balle de cuivre marquée I, bien soudée tout alentour, à laquelle il y aura un soupirail marqué D par où l'on mettra l'eau, et aussi un tuyau marqué BC qui sera soudé en haut de la balle; et le bout C approchera près du fond, sans y toucher; après faut emplir ladite balle d'eau par le soupirail, puis le bien reboucher et la mettre sur le feu; alors la chaleur,

(1) *Les raisons des forces mouvantes*. Francfort, 1615.



3.

donnant contre ladite balle, fera monter toute l'eau par le tuyau BC. »

On ne peut supposer, d'ailleurs, que Salomon de Caus ignorât la cause de l'ascension du liquide par le tuyau BC. Car, dans son théorème I, à l'occasion d'une expérience toute semblable, il dit que « la violence de la vapeur (produite par l'action du feu) qui cause l'eau de monter est provenue de ladite eau, laquelle vapeur sortira après que l'eau sera sortie par le robinet avec grande violence. »

Il est juste de dire que Salomon de Caus ne paraît pas avoir pensé à tirer parti dans un but pratique de sa découverte. Toutefois, on doit considérer que le passage de l'idée qu'il exposait à la conception d'une machine d'épuisement agissant par la vapeur, n'était plus infranchissable.

Nous ne parlerons pas du marquis de Worcester, que, par un patriotisme exagéré, les Anglais ont voulu s'obstiner longtemps à considérer comme l'inventeur de la machine à vapeur. Mais ils ont dû y renoncer, sa publication, faite en 1663, ne renfermant qu'une description d'un système analogue à celui publié par Salomon de Caus cinquante ans auparavant. Il n'a d'ailleurs pas appliqué ou construit en grand sa machine, et n'a pû être considéré par suite comme ayant utilement coopéré à l'invention de la machine à vapeur.

1690-1695. — *Premières machines à vapeur à piston et à cylindre, par Denis Papin.* Les actes de Leipzig de 1690 renferment un mémoire en latin, traduit en français quelques années plus tard par l'auteur lui-même, Denis Papin.

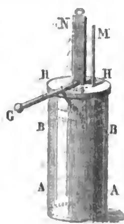
Celui-ci avait aidé le célèbre Huyghens dans des expériences curieuses pour élever l'eau à l'aide d'un vide produit par l'explosion de la poudre à canon. Voici en quoi consistaient ces expériences : Une petite quantité de poudre était placée au bas d'un corps de pompe vertical, dans une chambre à ce destinée. On mettait le feu à la poudre, l'explosion soulevait jusqu'au haut du corps de pompe un piston équilibré par un contre-poids, et chassait en même temps l'air et les gaz contenus dans ce corps de pompe, à travers deux tuyaux latéraux en cuir flexible faisant office de soupape. Le vide une fois fait à l'extérieur, le piston pressé par le poids de l'atmosphère redescendait en soulevant une certaine charge additionnelle au contre-poids.

« Mais, dit Papin, nonobstant toutes les précautions qu'on y a observées, il est toujours demeuré dans le tuyau environ la cinquième partie de l'air qu'il contient d'ordinaire, ce qui cause deux différents inconvénients : l'un est que l'on perd environ moitié de la force qu'on devrait avoir; l'autre est qu'à mesure que le piston descend, la force qui le pousse de haut en bas diminue de plus en plus...

« J'ai donc tâché, ajouta-t-il, d'en venir à bout d'une autre manière, et comme l'eau a la propriété, étant par le feu changée en vapeur, de faire ressort comme l'air, et ensuite de se recondenser si bien *par le froid*, qu'il ne lui reste plus aucune apparence de cette force de ressort; j'ai cru qu'il ne serait pas difficile de faire des machines dans lesquelles, par le moyen d'une chaleur médiocre et à peu de frais, l'eau ferait ce vide parfait qu'on a inutilement cherché par le moyen de la poudre à canon. »

L'appareil dont la fig. 4 est le *fac-simile* est figuré et décrit dans les termes suivants dans les actes de

Leipzig : « A A est un tuyau égal d'un bout à l'autre, et bien fermé par en bas; B B est un piston ajusté à ce tuyau; N est le manche attaché au piston; G une verge de fer qui peut se mouvoir autour d'un axe, un ressort presse la verge de fer G, en sorte qu'elle entre dans l'échancrure de N sitôt que le piston avec son manche est élevé assez haut pour que ladite échancrure paraisse au-dessus du couvercle; M tige qui se visse dans un trou pratiqué au piston par où l'air peut sortir du fond du tuyau A A, lorsque l'on y enfonce le piston pour la première fois.



4.

« Pour se servir de cet instrument, on verse un peu d'eau dans le tuyau A A jusqu'à la hauteur de trois ou quatre lignes (8 à 9 millimètres); on y fait ensuite entrer le piston et on le pousse jusqu'au bas, en sorte que l'eau qui est au fond du tuyau regorge par dessus. Alors on ferme ledit trou avec la verge M M, et on adapte le couvercle H qui a autant de trous qu'il en faut pour entrer sans obstacle. Ayant ensuite mis un feu médiocre sous le tuyau A A, il s'échauffe fort vite, parce qu'il n'est fait que d'une feuille de métal fort mince, et l'eau qui est dedans se changeant en vapeurs fait une pression si forte qu'elle surmonte le poids de l'atmosphère et pousse le piston B B en haut, jusqu'à ce que l'échancrure paraisse au-dessus du couvercle H, et que la verge de fer G y soit poussée par le ressort qui y est attachée, ce qui ne se fait pas sans bruit. Alors il faut incontinent éloigner le feu, et les vapeurs dans ce tuyau se condensent bientôt en eau par le froid, et laissent le tuyau absolument vide d'air; alors il n'y a qu'à tourner la verge G autant qu'il est nécessaire pour la faire sortir de l'échancrure et laisser le piston en liberté descendre, et il arrive que le piston est incontinent poussé en bas par tout le poids de l'atmosphère, et produit le mouvement qu'on veut avec d'autant plus de force que le diamètre du tuyau est plus grand. Et il ne faut point douter que l'air n'agisse sur ces tuyaux avec toute la force dont sa pesanteur est capable; car j'ai vu par expérience que le piston ayant été élevé par la chaleur jusqu'au haut du tuyau A A, est ensuite redescendu jusque tout au fond, et cela plusieurs fois de suite; en sorte qu'on ne saurait soupçonner qu'il y ait eu aucun air pour le presser au-dessous et résister à sa descente... »

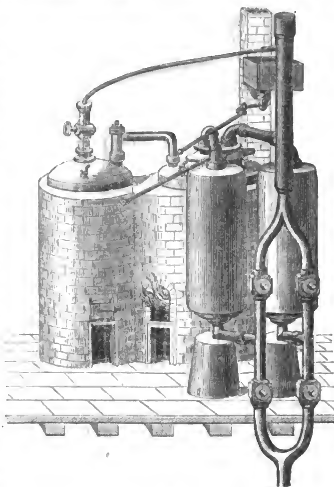
Voilà bien la description la plus claire, la plus méthodique de la machine appelée plus tard *atmosphérique*, parce qu'elle met en jeu la pression de l'atmosphère. Dans les appareils de Héron d'Alexandrie, de Salomon de Caus, de Branca, la vapeur avait un mode d'action tout différent; ici elle agit dans un corps de pompe contre un piston mobile qui s'y meut à frottement doux, alternativement de bas en haut et de haut en bas. C'est là le principe de la machine à vapeur telle qu'on l'emploie encore de nos jours, et l'on voit clairement comment cette admirable invention procédait de la découverte de la pression atmosphérique, des travaux de Galilée et Torricelli.

Papin n'avait pas moins bien compris quelle force on pouvait attendre de ce nouveau moteur, et les applications qu'on en pourrait tirer. « L'on voit, disait-il, combien cette machine, qui est si simple, pourrait fournir de prodigieuses forces et à bon marché... » Et plus loin : « Il serait trop long de rapporter ici de quelle manière cette invention se pourrait appliquer à *tirer l'eau des mines*, *jeter des bombes*, *ramer contre le vent*, et à plusieurs autres usages de cette sorte : mais il faut que chacun, selon les besoins qu'il en aura, imagine les constructions les plus propres pour ses desseins. Je ne puis pourtant m'empêcher de remarquer ici, en passant, combien cette force serait préférable à celle des galériens pour aller vite en mer... »

Ainsi, tout en cherchant avant tout à tirer de sa machine atmosphérique un moyen nouveau d'élever l'eau, Papin avait bien vu que le mouvement alternatif du piston dans le corps de pompe pouvait recevoir d'autres applications, et devenir un moteur universel. Il avait particulièrement proposé l'emploi de la vapeur pour la navigation.

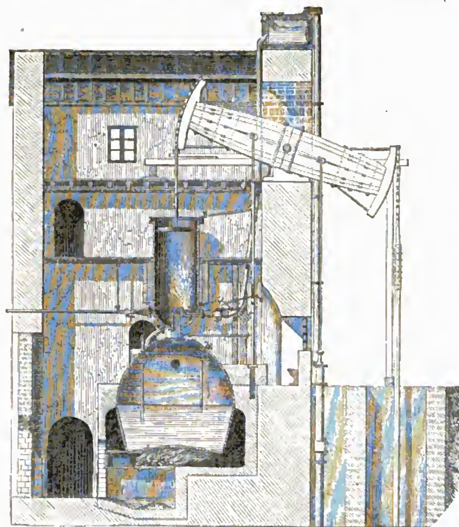
Ce magnifique ensemble d'idées fondées sur des expériences positives se trouve consigné, comme nous l'avons dit, dans les *Acta eruditorum*, publiés à Leipzig en août 1690. Il n'y occupe que l'intervalle compris de la page 410 à la page 414. Ce fut seulement cinq ans plus tard, en 1695, qu'elles furent reproduites avec quelques développements dans un petit volume publié à Cassel en français, sous le titre : *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*; et à Marbourg, en latin, sous le titre : *Fasciculus dissertationum de novis quibusdam machinis*, etc.

Nous avons dit que Salomon de Caus n'avait pas exécuté sa machine; Papin n'a, lui, exécuté qu'un petit modèle qui ne pouvait servir qu'à la démonstration. Il paraît cependant résulter d'une lettre récemment découverte, adressée à Leibnitz, que Papin avait employé ses dernières ressources à construire un bateau mû par sa machine. Il fut mis en pièces par les bateliers du Weser, et l'inventeur, vieux et ruiné, pa-


5.

raît avoir vécu dans ses dernières années des secours de la société royale de Londres.

Machine de Savery. En 1698, le capitaine Savery tenta la construction d'une machine dont l'idée était empruntée à la fois à Salomon de Caus et à Papin, elle était destinée aux épuisements. Il eut l'heureuse idée de séparer le vase servant à la formation de la vapeur de celui qui renfermait l'eau à élever, et en outre, utilisant l'idée de Papin qui consistait à faire le vide par le refroidissement de la vapeur, il alimentait le vase d'eau en la refroidissant lorsqu'elle était vide, et, par ce moyen, aspirait l'eau d'un réservoir placé à moins de 10 mètres au-dessous des récipients. Le refroidissement se faisait au moyen d'eau froide que l'on projetait sur les parois du vase. La fig. 5, qui représente cette machine, fait facilement comprendre comment les effets alternatifs d'élévation ou d'aspiration pouvaient être utilisés par le jeu de robinets. Au moyen de cette machine on pouvait élever l'eau à une hauteur quelconque, mais la résistance des vases devait croître en proportion de la hauteur à laquelle devait monter l'eau, ce qui pouvait occasionner de graves accidents par la rupture des vases.



6.

Cette machine, outre l'inconvénient que nous venons de signaler, avait encore le désavantage de dépenser les 11/12 de la vapeur produite à échauffer les parois du vase et l'eau qu'il contenait avant de l'élever; ce qui était un grave défaut, sauf dans le seul cas exceptionnel où l'eau doit être échauffée plus tard, comme, par exemple, pour alimenter des chaudières de bains; c'est ainsi que M. Manoury d'Ectot, il y a quelques années, a cherché à perfectionner la machine de Savery pour l'employer dans de semblables circonstances; et pour diminuer la perte de vapeur condensée que nous venons de mentionner, il proposa de recouvrir la surface de l'eau d'un flotteur, qui empêcherait le contact immédiat de la vapeur avec l'eau. Malgré les désavantages de la machine de Savery, elle fut employée utilement à élever l'eau a une hauteur de 60 mètres, la pression de la vapeur étant de six atmosphères.

Nous allons actuellement nous occuper de la première machine qui ait réellement rendu des services à l'industrie; c'est la *machine de Newcomen* ou *machine atmosphérique.*

En 1705, Newcomen, forgeron de Darmouth en Devonshire, connaissant le digesteur de Papin et la condensation de la vapeur par l'eau froide de Savery, conçut l'idée d'établir une machine basée sur ces deux principes, et s'associa à un vitrier de la même ville, J. Cawley, pour la construire : voici en quoi consistait son appareil (fig. 6). Un corps de pompe, fermé par en bas et ouvert par en haut, contenait un piston armé d'une tige; un autre cylindre enveloppait celui-ci, et avait pour effet de contenir l'eau servant à refroidir la vapeur de manière à la condenser; le refroidissement se communiquait peu à peu à toute l'épaisseur du métal, et atteignait bientôt la vapeur elle-même. Quant au jeu de la machine, il était le même que celui du digesteur de Papin; seulement la vapeur arrivant dans le cylindre, était formée par des chaudières placées à part dans des foyers.

A cette époque où l'art de construire de semblables machines était encore dans l'enfance, il était très difficile d'avoir des cylindres ou corps de pompes bien alésés, de telle sorte qu'il n'y eût pas de fuite entre leurs parois et celles du piston. Aussi, pour remédier à cet inconvénient, les auteurs (Newcomen, Cawley et Savery qui s'était réuni aux deux autres inventeurs) recouvrirent leur piston d'une couche d'eau qui pénétrait dans tous les vides et les remplissait. Un jour qu'une machine de cette espèce fonctionnait devant les inventeurs, ils virent avec surprise le piston descendre plusieurs fois de suite beaucoup plus vite que de coutume. Cet effet était d'autant plus étonnant, que, d'après le procédé qu'ils employaient, la vapeur ne pouvait se condenser que lentement. En recherchant la cause de ce mouvement plus rapide, ils remarquèrent que cela provenait de ce qu'une petite ouverture pratiquée dans le piston laissait tomber l'eau goutte à goutte à l'intérieur du cylindre, et que cette eau divisée condensait la vapeur plus rapidement. Appliquant de suite ce moyen à leurs machines, ils supprimèrent le cylindre enveloppant, et le remplacèrent par une pomme d'arrosoir lançant l'eau, dans le corps de pompe, en une gerbe très divisée. Ce fut une impor-

tante amélioration, puisqu'elle détermina une plus grande rapidité dans la marche du piston.

Cette machine présentait sur celle de Savery d'immenses avantages : 1° l'eau qu'on élevait n'était plus échauffée ; 2° la tension de la vapeur ne devant être que faiblement supérieure à celle de l'atmosphère, on n'était pas forcé de faire des vases très résistants ; on n'en craignait plus la rupture ; 3° le piston ayant un mouvement de va-et-vient, on pouvait le communiquer à toute espèce de machine.

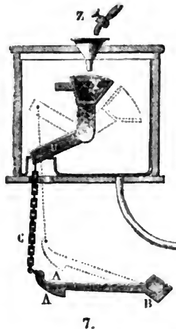
Ainsi dans cette machine, sous sa forme définitive, la vapeur arrivait directement à la partie inférieure du cylindre par un tuyau vertical fermé par un robinet ; un autre tuyau se terminant dans le corps de pompe par une pomme d'arrosoir aboutissait, à son autre extrémité, à un réservoir d'eau froide situé à la partie supérieure de l'édifice. Lorsqu'on voulait mettre la machine en mouvement, on fermait le robinet d'eau froide et on ouvrait celui de la vapeur ; le piston étant arrivé au haut de sa course, pour le faire descendre, il suffisait d'ouvrir le robinet d'eau froide et fermer celui de la vapeur. Un enfant était chargé du soin de faire mouvoir ces robinets. Un d'eux, nommé Humphry Potter, contrarié de ne pouvoir jouer avec ses camarades, imagina d'attacher les extrémités de deux ficelles aux manivelles des robinets, les autres extrémités étant liées au balancier. Les tractions que celui-ci occasionnait, en montant et descendant, remplaçaient les efforts de la main. L'ingénieur Breigthon perfectionna cette idée, en fixant au balancier des tiges verticales en bois. Ces tiges, armées de chevilles, venaient alternativement ouvrir et fermer les robinets ou soupapes.

Dans le principe, le système de Newcomen n'était appliqué qu'à produire un mouvement de va-et-vient ; on essaya de le transformer en mouvement de rotation ; c'est à quoi l'on parvint en faisant agir la tige du piston sur un système de roues à rochet. Déjà Papin, voyant le défaut de continuité d'action dans la machine atmosphérique, avait proposé, pour que la roue mue de la sorte ne marchât pas par secousses trop brusques, d'agir sur le balancier à l'aide des tiges de deux ou plusieurs pistons appartenant à des corps de pompe distincts, et disposés de manière que la tige du premier descendît pendant que l'autre monterait, et réciproquement. Cette idée est précisément celle de la machine à double effet, l'action se produisant dans deux cylindres différents. Pour régulariser le mouvement, Kean-Fitzgérald imagina le volant.

Cette machine atmosphérique ne put être employée que dans les lieux où l'on peut sans inconvénient dépenser une immense quantité de charbon sans valeur, comme sur les mines de houille, où le menu ne trouve pas de débouchés. L'effet utile théorique de ces machines est égal à la surface du piston multipliée par le poids d'une colonne d'eau de 10 mètres, c'est-à-dire par la pression atmosphérique ; mais en pratique, l'effet utile réel n'atteint pas les 0,45 de ce produit.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur la machine de Newcomen ; elle existait cependant encore il y a quelques années dans plusieurs houillères de l'Angleterre. Afin que l'on puisse comparer cette machine avec celles que nous décrivons plus loin, nous donnerons quelques résultats moyens. Dans ces machines, l'effet utile produit par la combustion d'un kilogramme de charbon est de 21,000 kil.-mèt. ou 3 kil.-mèt. par calorie ; la quantité de charbon brûlé par heure et par force de cheval est de 13 kil. ; enfin, la tension moyenne de la vapeur, 1 at., 15.

Dans la machine de Newcomen, telle qu'elle a été construite dans son plus grand degré de perfection par le célèbre ingénieur anglais Smeaton, on rencontre l'appareil ingénieux qui est resté appliqué avec tant de succès aux machines qui servent aux épuisements, nous voulons parler de la cataracte (fig. 7). Cet appareil, qui sert à faire varier la quantité de travail à effectuer par la machine, comprend un petit robinet Z, par le moyen duquel l'eau d'un réservoir supérieur peut se déverser dans un vase Y placé dans une boîte, et dis-



7.

posé de manière à pouvoir tourner autour d'un axe et à entraîner le levier U avec lequel il est assemblé. Le levier U fera remonter le vase Y, lorsque ce vase sera vide, et sera au contraire entraîné dans la position qu'indiquent les lignes ponctuées lorsque le vase sera plein. Dans ce second cas, ce levier soulève le loquet AB au moyen de la chaîne C ; le vase Y se vide alors, et reprend sa première position. Le loquet en se soulevant laisse tomber un poids qui ouvre la soupape d'injection qui donne le mouvement à la machine, puis reprend sa place primitive.

On voit qu'ainsi en variant l'ouverture du robinet, on varie le nombre de coups de piston par seconde en raison de l'abondance des eaux à épuiser. Cet ingénieux appareil a été modifié, quant à sa forme, dans les machines modernes, mais est toujours établi d'après les mêmes principes.

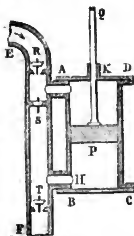
Machine de Watt. Nous allons maintenant passer en revue les différentes machines perfectionnées et inventées par Watt, qui fut dans sa jeunesse fabricant d'instruments de mathématiques à l'université de Glasgow. Cet habile mécanicien ayant appris, par des expériences et les communications du docteur Black, quelle grande quantité de chaleur latente était absorbée par l'eau pour se vaporiser, remarqua que la machine de Newcomen exigeait pour marcher avec avantage deux conditions, qui dans le mode de construction de la machine se détruisaient l'une l'autre : 1° à l'instant où le mouvement descendant du piston commence, il devait y avoir un vide parfait sous le piston ; 2° quand le mouvement ascendant s'effectue, la vapeur de l'eau devait ne pas perdre de sa force élastique.

La première condition exige de refroidir les parois du cylindre, et la seconde, qu'ils conservent leur température.

Watt, pour satisfaire en même temps à ces deux nécessités, imagina de condenser la vapeur hors du cylindre par un procédé semblable à celui de Newcomen ; c'est sans contredit la plus belle invention de Watt. Ce condenseur consiste en un réservoir où l'eau se précipite en gerbe divisée, de manière à liquéfier la vapeur.

L'esprit inventif de Watt ne s'arrêta pas là : il fallait ensuite enlever, à mesure que la vapeur était liquéfiée, l'eau servant à la condensation, enfin l'air provenant de la vapeur et contenu dans l'eau échauffée, qui nuisaient au mouvement de la machine; c'est à quoi il parvint, en adjoignant au condenseur une pompe, qu'à cet effet il appela pompe à air, et qui est mise en mouvement par le balancier même de la machine.

Pour atténuer autant que possible le refroidissement du cylindre, occasionné par l'air qui venait en frapper la face intérieure quand le piston descendait, Watt imagina de fermer le cylindre par en haut, par une boîte à étoupes permettant seulement à la tige du piston de glisser librement sans laisser passer la vapeur, ce qui permet de faire agir la vapeur sur la face supérieure du piston pour le faire descendre, l'attirail de la pompe servant ensuite à le soulever.



8.

Voici quel est le jeu de la machine (fig. 8) : supposons le piston au haut de sa course, la vapeur arrivant de la chaudière par le tuyau E, la soupape R étant ouverte et la soupape S fermée; la vapeur pénètre au-dessus du piston, et le vide étant fait au-dessous, celui-ci tend à descendre par la pression de la vapeur. Lorsque le piston est au bas de sa course, la soupape S s'ouvrant, les soupapes R et T se fermant, la vapeur cesse d'agir; mais celle qui vient de faire descendre le piston se porte au-dessous de celui-ci et dans le condenseur, de manière que la pression étant la même au-dessus et au-dessous du piston, ce dernier remonte, entraîné par l'attirail des pompes fixé à l'autre extrémité du balancier.

La condensation se fait au moyen d'eau froide, injectée dans une bâche dans laquelle débouche le tuyau F. Cette eau, échauffée par la condensation, la vapeur condensée et l'air provenant de la vapeur et de l'eau échauffée, est à chaque coup de piston expulsée par la pompe à air, puis de là elle est transportée par une autre pompe aux chaudières; cette dernière s'appelle *pompe d'alimentation des chaudières*. Ces deux pompes sont mises en mouvement par le balancier auquel leurs tiges sont adaptées. L'alimentation de la chaudière avec cette eau échauffée est très avantageuse, car elle y parvient déjà avec une température de 40°; par conséquent le calorique qu'il faudrait dépenser pour l'élever à cette température est déjà une économie.

Mais là ne s'arrêtent pas les inventions de Watt, et nous ne pouvons mieux faire pour montrer quel pas immense il a fait faire en un instant à la machine à vapeur, qui avant lui n'était qu'une pompe coûteuse et imparfaite, que de rapporter le texte de sa première patente, prise en 1769 :

« Ma méthode pour diminuer la consommation de la vapeur, et par suite la dépense de combustible dans les machines à feu, consiste dans les principes suivants :

« 1° Le vase dans lequel la force de la vapeur doit être employée pour faire marcher la machine doit, pendant tout le temps que la machine est en mouvement, être maintenu au même degré de chaleur que la vapeur qui s'y introduit. A cet effet, je l'enferme d'abord dans une enveloppe en bois, puis je l'entoure de vapeur ;

« 2° Dans les machines qui doivent être mues soit en totalité, soit en partie, en employant la condensation de la vapeur, ce fluide doit être condensé dans des vases séparés des cylindres à vapeur, mais qui au besoin peuvent communiquer ensemble. J'appelle ces vases condenseurs ;

« 3° La portion d'air ou tout autre gaz qui n'est pas condensé par l'action du condenseur, et qui peut être un obstacle au mouvement de la machine, doit être expulsé des condenseurs à l'aide de pompes ;

« 4° Je me propose d'employer dans plusieurs cas la force expansive de la vapeur pour agir sur les pistons, de la même manière que l'on se sert aujourd'hui de la pression atmosphérique pour les machines à feu ordinaire. Dans les cas où l'on ne peut se procurer toute l'eau nécessaire, les machines peuvent être mises en mouvement par la force de la vapeur seule en laissant échapper la vapeur dans l'air, après qu'elle a fonctionné. »

Ainsi, le condenseur séparé, l'enveloppe de vapeur, la machine à double effet, les machines à haute pression, étaient indiquées dans cette première patente, qui montre chez l'inventeur une notion si parfaite des effets de la vapeur.

Si l'on ajoute à cela que Watt, habile constructeur d'instruments de physique, ne trouvait pas à sa disposition les moyens de construire ses admirables machines, l'on comprendra le génie de l homme qui, en quelques années, accomplit l'œuvre immense d'amener à un si haut degré de perfection la machine à vapeur, de la rendre propre à toutes les applications, tout en créant en même temps l'art du constructeur de machines.

Laissant de côté la machine atmosphérique qu'il a tant perfectionnée, arrivons à la machine à double effet.

Machine de Watt à double effet. Si les machines à vapeur n'avaient dû jamais s'employer que pour l'extraction des eaux, la machine à simple effet, où la vapeur agit uniquement pendant la course ascendante ou descendante du piston, eût été parfaite, mais Watt, sentant la nécessité d'appliquer ce moteur à des travaux continus, eut la pensée d'employer un seul corps de pompe, de manière à obtenir l'effet que Papin produisait avec deux appareils analogues à la machine de Newcomen. Il y parvint en faisant passer la tige du piston dans une boîte à étoupes dite *Stuffing-box*, qui empêche le passage de la vapeur et composa la machine à double effet, dans laquelle la vapeur agit alternativement au-dessus et au-dessous du piston. La figure 9 montre l'ensemble de la machine de Watt à double effet.

On pourrait faire agir la vapeur successivement sur chaque face du piston au moyen de quatre robinets, mais il est préférable d'employer *le tiroir* que Watt imagina. La vapeur arrivant de la chaudière par le tuyau F, se rend dans une capacité où se meut le tiroir *m*, par le tuyau *r* se rend au-dessus du piston, le dessous de celui-ci étant en communication avec le condenseur B. A la fin de la course du piston, au moyen d'un excentrique lié à l'arbre du volant, la tige *d* pousse le tiroir et l'amène à sa position la plus élevée, de manière que le dessus du piston se trouve à son tour en communication avec le condenseur et le dessous avec la vapeur.

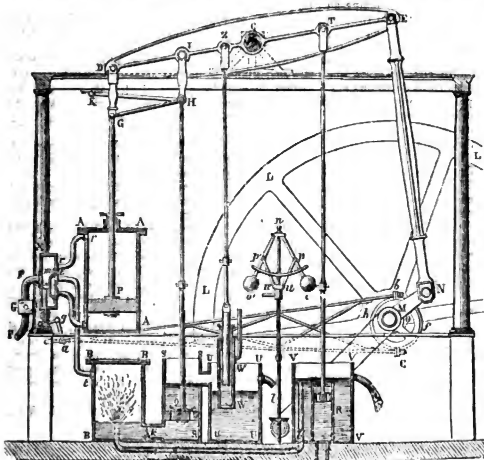
La tige du piston fait mouvoir le balancier qui à son tour fait mouvoir la pompe à air. Deux autres pompes sont encore mues par le balancier, ce sont : la pompe d'alimentation des chaudières, et celle d'alimentation de la bâche d'eau froide. Dans ces machines le jet d'eau de condensation devant être continu, n'est plus réglé par une soupape, mais par un robinet.

Pour transformer le mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire continu; ne pouvant em-

ployer la manivelle à laquelle il avait songé, mais dont un autre avait pris le brevet, Watt imagina *la mouche* ou roue *solaire et planétaire*, qui jouit de cette propriété qu'elle fait faire deux tours au volant pour une oscillation du balancier (voyez MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL); il l'employa jusqu'à ce que le brevet pris pour la manivelle fût expiré et qu'il pût l'adapter à ses machines. Le grand avantage de la manivelle (voy. BIELLE), à laquelle Watt revint aussitôt qu'il le put, est de supprimer toute espèce d'engrenage et de faire correspondre une très faible vitesse dans le mouvement vertical vers les points extrêmes de son mouvement, c'est-à-dire au point de changement de sens du mouvement alternatif du piston et du balancier, ce qui diminue beaucoup la perte de travail occasionnée par l'inertie lors du changement de direction.

La plus grande difficulté qu'il restait à vaincre était de lier d'une manière fixe la tige du piston et l'extrémité du balancier, en conservant toutefois à la tige du piston une marche rectiligne ;c'est à quoi Watt parvint encore au moyen du *parallélogramme articulé*. (Voyez MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL.) Deux parallélogrammes égaux et parallèles embrassent le balancier de part et d'autre de ses faces verticales; ceux-ci articulés à chacun de leurs angles sont reliés par des pièces de fer horizontales. La tige du piston est traversée par celle qui lie les deux angles G. L'angle H est articulé à une barre tournant autour du point K. De cette façon le point G se meut sensiblement sur une même verticale.

On ne peut arriver ainsi au mouvement rectiligne rigoureux, mais on peut faire en sorte d'obtenir une déviation qui ne dépassera pas 2 ou 4 millimètres. La courbe que décrit le point G se présente sous la forme d'un S dont les deux renflements s'écartent symétriquement de part et d'autre de la ligne qui passe par les positions extrêmes et moyennes. (Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.)



9.

La fig. 9 montre encore la disposition du régulateur conique que Watt imagina pour faire que la machine se réglât elle-même. Il y parvint en employant ce régulateur à ouvrir ou à fermer le robinet G d'entrée de la vapeur, quand la vitesse devenant trop petite ou grande, les boules se rapprochent ou s'écartent par la force centrifuge ou inversement. Il réalisa ainsi fort heureusement un système de régulateur extrêmement ingénieux, par l'emploi simultané de la force centrifuge croissant avec la vitesse des pièces de la machine et la force constante de la pesanteur des boules. La résultante des deux forces variant constamment de direction avec la vitesse, permet de faire naître par des articulations un mouvement alternatif, d'où résulte l'effet que nous avons indiqué. (Voir plus loin CONSTRUCTION pour les détails de cet appareil.)

Emploi de la détente. Watt ayant remarqué que, dans la machine où la vapeur agissait en plein, la pression constante et la force vive acquise par le mouvement donnaient au piston une vitesse accélératrice, eut l'idée de profiter de cette accélération de mouvement pour dépenser une moins grande quantité de vapeur, en utilisant encore la puissance que peut développer la vapeur en se dilatant. Cependant on doit remarquer que ce mécanicien n'employa pas la détente sur une grande échelle, et n'y eut recours dans les machines qu'il fit construire à Soho que pour rendre le mouvement du piston à peu près uniforme.

Examinons quel doit être le jeu de la machine pour que la détente se produise; supposons que l'on ferme la communication du corps de pompe avec la chaudière avant que le piston soit arrivé à l'extrémité de sa course, celui-ci continuera à marcher en vertu de la vitesse acquise, et surtout de l'action que la vapeur déjà introduite continuera à exercer. Cette action deviendra de moins en moins forte pendant le reste du mouvement du piston, attendu que la vapeur se dilatera graduellement, et qu'à mesure qu'elle occupera des espaces plus grands, son élasticité, comme celle de tous les gaz, s'atténuera. En faisant agir la vapeur en plein pendant un temps déterminé convenablement, il n'y aura pas d'accélération qui donne lieu à des chocs et par conséquent à des ébranlements nuisibles à la stabilité de l'appareil. Nous nous contentons ici de cette première notion de la détente, nous y revenons ci-après avec plus de détails, mais il importait d'indiquer comment le maximum absolu du travail produit pendant une course du piston, pouvait être produit par une quantité de vapeur moindre que celle qui remplirait le corps de pompe à la pression de la chaudière.

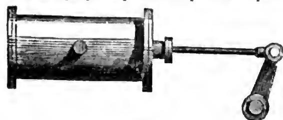
Machines de Woolf. Nous venons de voir que Watt avait utilisé la détente de la vapeur pour régulariser

MACHINE A VAPEUR.

la marche du piston de la machine. Plus tard Woolf pensa à utiliser la détente dans une forte proportion, pour tirer un meilleur parti de la puissance motrice de la chaleur, tout en évitant de trop grandes irrégularités dans la force motrice. Les machines qu'il inventa ne diffèrent de celles de Watt qu'en ce qu'elles se composent de deux cylindres moteurs distincts; dans l'un d'eux, la vapeur agit tout à fait en plein à la pression de 3 à 4 atmosphères; et dans l'autre, elle n'exerce d'effort que par sa détente en sortant du premier cylindre. Pour produire cet effet, on fait communiquer le dessous du piston du premier cylindre avec le dessus du second cylindre, et *vice versâ*, le cylindre à détente communiquant seul avec le condenseur.

Dans les machines à deux cylindres, on donne au corps de pompe où se fait la détente un diamètre plus grand qu'à celui dans lequel la vapeur agit en plein, afin qu'il n'y ait pas lieu de trop augmenter la course du second piston. Woolf indiquait d'envelopper les cylindres d'un troisième et de faire circuler la vapeur dans ce dernier, afin d'écarter les corps de pompe moteurs du contact de l'air; disposition dont de récentes expériences ont démontré tous les avantages. La limite de la détente est ordinairement, dans la plupart des machines de ce constructeur, de trois fois le volume primitif de la vapeur.

Machines sans balancier. Toutes les machines que nous avons examinées jusqu'ici exigent un balancier, qui souvent est nuisible par l'emplacement qu'il occupe et par la force que ses frottements absorbent; aussi plusieurs constructeurs ont-ils cherché les moyens de se dispenser de son emploi. Les machines que l'on construisit à cet effet furent formées d'un corps de pompe oscillant autour de deux tourillons, et s'inclinant par suite de telle sorte que la tige du piston agisse toujours convenablement sur la manivelle. Les divers systèmes ne diffèrent que par la position du point de suspension,

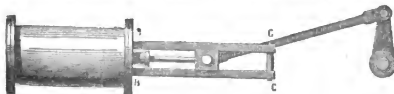


10.

placé plus haut ou plus bas sur le cylindre et le mode de distribution de la vapeur. La première idée des machines oscillantes est due à M. Manby, et date de 1817. M. Cavé vint ensuite la perfectionner (fig. 10).

Après avoir essayé plusieurs genres de distribution pour ces machines, on a reconnu que la distribution par tiroir et excentrique était, comme pour les autres systèmes, la meilleure et la plus simple.

On s'est aussi affranchi de l'emploi du balancier dans les machines fixes, surtout pour les petites forces (voyez CONSTRUCTION); les appareils construits à cet effet peuvent, par leur simplicité, entrer en parallèle avec les machines oscillantes. La machine qui, dans ce système, nous paraît la plus simple, consiste en un cylindre fixe vertical dont la tige du piston porte une pièce horizontale qui glisse dans des coulisses, et à l'extrémité de laquelle est articulée une bielle qui va faire mouvoir la manivelle d'un arbre sur lequel est monté le volant (fig. 11). Toutes ces machines oscillantes et fixes, sans balancier, sont à double effet, le plus souvent à haute pression, genre de machines dont il nous reste à parler.



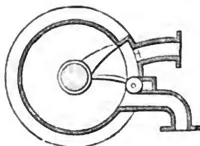
11.

Machines à haute pression. Ces machines ne diffèrent des machines décrites jusqu'ici qu'en ce qu'elles agissent à une tension de 4 à 7 atmosphères. Elles ne sont employées, comme machines stationnaires, que dans les ateliers où l'on se trouve restreint par l'espace et par le prix d'acquisition, où la machine doit être légère et où l'on manque d'eau froide pour alimenter le condenseur qui en consomme évidemment une grande proportion. Ces machines se composent simplement de la chaudière, du cylindre, du piston et du tiroir ou des soupapes. Généralement la vapeur y agit en plein pendant toute la course du piston. Cependant quelques machines ont été modifiées et ont reçu l'application de la détente. Le piston ne peut plus, comme pour les machines à basse pression, être garni d'étoupes. Il doit être métallique, ce qui est désavantageux à cause de l'usure du cylindre qui en résulte. Ce genre de machines a pris une extrême importance depuis qu'elles servent à la traction sur les chemins de fer. (Voyez LOCOMOTIVES.)

Machines rotatives. Pour compléter cet aperçu de l'histoire de l'invention de la machine à vapeur et des modifications qu'elle a subies, il nous reste à parler d'un genre de machines qui a bien fréquemment exercé l'imagination des inventeurs, nous voulons parler des machines à rotation immédiate.

Considérons un tuyau cylindrique dans lequel peut se mouvoir un piston tournant autour de l'axe du cylindre; si la capacité placée d'un côté du piston est en communication avec la chaudière à vapeur, et que celle placée de l'autre côté communique avec le condenseur (une cloison empêchant d'ailleurs ces deux capacités de communiquer entre elles), on aura une machine à vapeur dans laquelle la pression de celle-ci s'exerçant sur le piston, engendrera un mouvement circulaire. Ce mouvement sera continu si la séparation des deux capacités peut disparaître un instant pour livrer passage au piston, si par un moyen quelconque l'action de celui-ci peut se continuer.

La machine rotative la plus simple est celle de Watt,



12.

que représente la fig. 12. On voit que le piston est remplacé par une espèce de dent adaptée à l'axe; un clapet assemblé sur l'extérieur, et qui s'appuie contre la partie cylindrique de l'axe, forme la cloison qui sépare la chaudière du condenseur. Dans son mouvement la dent repousse le clapet dont l'axe de rotation est sur la circonférence, il s'efface dans une cavité, puis reprend sa position par l'effet d'un ressort.

Les chocs brusques de la dent contre le clapet sont un inconvénient de cette machine, la plus simple des machines rotatives qui ont été inventées depuis en si grand nombre. S'il peut être évité par d'autres dispositions, on ne peut dans aucune des machines

de ce genre éviter les fuites de vapeur à la circonférence décrite par le piston tournant autour d'un axe. On n'est pas parvenu jusqu'ici à établir des garnitures qui puissent tenir la vapeur comme celles des machines ordinaires.

Quel est l'avantage que poursuivent les nombreux inventeurs de machines rotatives? Il faut le dire, c'est pour le plus grand nombre une impossibilité, par suite de fausses notions de mécanique. Faute de comprendre la manière dont la bielle et la manivelle transforment le mouvement rectiligne alternatif de la tige du piston en circulaire continu, de voir que le travail est transmis en entier; et ne s'attachant qu'à l'effet variable transmis en chaque instant par la bielle, confondant le travail et l'effort, ils ont à tort attribué des avantages illusoires à la machine à rotation directe.

Ainsi donc, la question capitale étant de partir d'un récepteur qui permette d'utiliser le mieux possible l'action de la vapeur d'eau, et le corps de pompe cylindrique est jusqu'à ce jour le seul appareil convenable, aucun système à rotation ne pouvant utiliser aussi convenablement la pression et la détente de la vapeur, il y a peu à chercher dans cette voie. Le problème de la transmettre sans perte de travail importante; de transformer le mouvement obtenu, quel qu'il soit, en un mouvement de rotation continu, comme cela est le plus souvent nécessaire, n'est plus qu'un problème de mécanique qui, en général, offre plusieurs solutions.

S'il y a quelques résultats curieux obtenus un jour avec des machines à rotation directe, on peut dire avec certitude que ce ne peut être que dans la voie de l'éolypile, de l'utilisation de l'impulsion de la vapeur qu'on peut espérer de les obtenir. Cette voie est en effet nouvelle et mal étudiée jusqu'ici; la machine à mouvement alternatif se prête mal à une grande vitesse, bien que de curieux résultats aient été récemment obtenus dans cette voie, à l'imitation des résultats obtenus dans la locomotive.

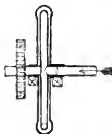
Les machines à rotation directe, au contraire, sont d'autant moins désavantageuses qu'elles tournent plus vite. En effet, elles font alors un travail d'autant plus grand pour un même poids et un même volume que la vitesse est plus considérable; elles peuvent dispenser de roues d'engrenage et de volants très lourds pour effectuer certaines opérations industrielles.

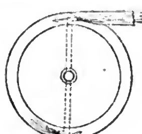
Ainsi, s'il ne paraît pas absolument impossible de tirer quelque parti de machines mises en action par l'impulsion de la vapeur, et de les utiliser pour de très petites forces et produire des mouvements extrêmement rapides, on n'a toutefois pas trouvé jusqu'ici la solution de ce problème fort difficile, et qui ne procurera en définitive, s'il est résolu, que des avantages secondaires, ne donnera jamais qu'une machine fort inférieure à la machine à vapeur ordinaire, quant à l'économie de la production du travail moteur.

Nous diviserons en trois les tentatives faites jusqu'à ce jour dans la voie d'utiliser l'impulsion de la vapeur:

1° Les machines à réaction telles que l'éolypile, et diverses autres machines analogues, telles que celle de M. Isoard, qui consistait en un tube partant du centre et formant une couronne circulaire placée sur un foyer; elle aspirait l'eau au centre par un tube agissant comme machine à force centrifuge pendant que la vapeur la faisait tourner par réaction. Tel est encore le système représenté fig. 13 et 14, qui a été exécuté en Amérique.

Mais pour que de semblables machines travaillassent dans des conditions de maximum, pour ne pas dépenser inutilement leur vapeur, il faudrait que la vitesse à la sortie fût égale à celle de la vapeur. Or cette vitesse est tellement considérable que déjà, à des vitesses bien moindres, les matériaux composant l'arbre s'échauffent, grippent et cessent de fonctionner. De plus, si l'orifice de sortie est large comme il faudrait le faire pour faire des machines de cette nature d'une force quelque peu considérable, l'utilisation de la force expansive de la vapeur est loin d'être assurée. Car cela


13.


14.

suppose, ce qui est loin d'être démontré par l'expérience, ou plutôt ce qui est contraire à plusieurs expériences, que le courant de vapeur, doué d'un mouvement extrêmement rapide, exerce toute la contre-pression qui se produit à l'état statique;

2° Les machines à impulsion dérivant de la machine de Branca, telles que la machine de Pilbrow, qui a été essayée en Angleterre, et qui consistait essentiellement en un jet de vapeur que l'on dirige sur les palettes d'une roue. Il est facile de comprendre d'où provient le faible effet obtenu de la vapeur ainsi employée. Indépendamment de la difficulté de communiquer le travail par le choc de la vapeur animée d'une vitesse considérable, il est clair qu'il s'en faut de beaucoup que la pression dans la chaudière produise surtout l'impulsion de la vapeur contre les palettes. A la sortie du tuyau elle tend à se dilater en tous sens, et ce n'est qu'une partie minime de l'effet de la vapeur qui agit contre les palettes;

3° Les machines à force centrifuge, qui dérivent des roues à aubes courbes, des turbines, sont sans contredit celles qui doivent être les moins éloignées du but; elles sont un progrès sur les machines à réaction dont nous avons parlé, surtout quand on se sert, comme l'a tenté M. Pelletan, de l'appel produit par la vapeur pour entraîner une masse d'air dont l'effet vient s'ajouter à celui de la vapeur sur les aubes courbes qu'elle parcourt. Jusqu'à présent cependant ces machines n'ont donné que des résultats insignifiants à cause de la faible densité de la vapeur, et tous les constructeurs sérieux ont abandonné une idée qui ne pouvait conduire, en cas de succès bien peu probable, qu'à des résultats d'importance secondaire.

MACHINE A VAPEUR (THÉORIE). Malgré bien des travaux, la théorie de la machine à vapeur est encore incomplète, et par suite les recherches qui ont pour objet l'amélioration de ce puissant appareil n'étant pas appuyées sur la science, sont souvent dirigées dans des voies qui ne peuvent conduire qu'à de graves mécomptes.

Cette théorie ne peut être complétée que le jour où les données de la question auront été déterminées par les recherches des physiciens, que lorsque ceux-ci auront établi toutes les lois des variations de la chaleur dans les conditions auxquelles est soumise la vapeur d'eau dans les machines. C'est le but des expériences si précises de M. Régnault; malheureusement les résultats auxquels il est parvenu, bien qu'offrant beaucoup d'intérêt, ne se rapportent encore qu'à une partie de la question, et peut-être se passera-t-il bien du temps avant que l'on voie la fin de travaux que le monde savant attend avec bien de l'impatience.

Dans l'impossibilité où nous nous trouvons de donner une théorie complètement satisfaisante de la machine à vapeur, nous rappellerons la théorie généralement adoptée, et à l'aide des indications que nous fournissent les données physiques que nous possédons, nous chercherons à les compléter et à faire voir comment doivent être interprétées les formules trouvées en par-

tant d'abstractions éloignées de la réalité, si l'on ne veut tomber dans des erreurs fâcheuses.

Le travail de la vapeur ou plutôt de la chaleur qui a servi à la produire, le nombre de kilogrammètres, doit s'évaluer de deux points de vue différents, savoir : 1° le point de vue théorique, qui donne la valeur de la machine abstraite, la quantité, le nombre de kilogrammètres que par suite du mode d'action et des lois physiques doit engendrer l'emploi d'une calorie, de l'unité de chaleur égale à l'élévation de température de 1 degré d'un kil. d'eau à zéro, ou la combustion d'un kilogramme de charbon ; 2° le point de vue de la pratique, de l'emploi industriel qui peut être fait de la machine, de la nature des machines opératrices qu'elle peut mettre en mouvement effectivement après avoir surmonté toutes ses résistances intérieures, après avoir déduit toutes les pertes qu'on ne peut éviter dans la pratique ; cet effet s'évalue en chevaux-vapeur, le cheval-vapeur étant une unité qui représente 75 kilogrammes élevés à 1 mètre en une seconde. Nous aurons soin de nous placer successivement à ces deux points de vue.

LOIS PHYSIQUES QUI SERVENT DE BASE A LA THÉORIE DES MACHINES A VAPEUR.

Quantité de chaleur renfermée dans la vapeur d'eau. La détermination de la quantité de chaleur qu'abandonne la vapeur lorsqu'elle se liquéfie et fournit de l'eau à 0°, a été l'objet des recherches de plusieurs physiciens.

M. Clément Desormes avait conclu de ses expériences la vérité de la loi admise par Watt, qu'à toutes les températures et à toutes les pressions la quantité de chaleur contenue dans un kilogramme de vapeur d'eau était de 650 calories, 550 calories étant la chaleur latente de la vapeur d'eau à 100°, quantité qui, si cette loi était exacte, diminuerait par suite à mesure que la chaleur sensible augmenterait.

Des expériences faites avec une grande précision par M. Régnault ont démontré que cette loi était erronée, et que la quantité de chaleur renfermée dans 1 kil. de vapeur ayant à saturation la température de T°, était égale à (606 + 0,305 T) calories.

Poids de vapeur formé par une calorie ou par un kil. de houille brûlée. De la quantité de chaleur contenue dans un poids de vapeur, il est facile de déduire la quantité de vapeur que peut engendrer une calorie. En effet, cette quantité de chaleur à communiquer à de l'eau à une température initiale T' pour produire de la vapeur à la température T, est d'après les expériences de M. Régnault :

$$606 + 0{,}305\,T - T' \text{ calories},$$

par chaque kil. d'eau et pour un poids Q.

$$Q\,(606 + 0{,}305\,T - T').$$

Si donc on égale cette quantité à l'unité, les températures T et T' étant données, on en déduira les poids de vapeur saturée produits par une calorie à diverses températures. Ainsi soit T' = 40°, température ordinaire de l'eau de condensation, si on fait successivement T' égal à 100°, 125°, 150°, on a :

Et pour 7,500 calories ou 1 kil. de houille.

$$T=100, Q=\frac{1}{606+30-40}=\frac{1}{596}=0^k,0017.. \quad 12^k,50$$

$$T=125, Q=\frac{1}{606+38-40}=\frac{1}{604}=1^k,00165. \quad 12^k,40$$

$$T=150, Q=\frac{1}{606+45,7-40}=\frac{1}{611,7}=0^k,00163. \quad 12^k,20$$

$$T=200, Q=\frac{1}{606+61-40}=\frac{1}{627}=0^k,00159. \quad 11^k,80$$

Il faut remarquer que l'évaluation de 7,500 calories pour le pouvoir calorifique du combustible, se rapporte à un appareil qui, comme le calorimètre, emploie *toute* la chaleur du combustible. Or, il n'en saurait être ainsi pour les fourneaux de l'industrie exposés à des pertes de chaleur, non-seulement par l'effet de leurs imperfections, mais par leur nature même. Le tirage notamment, qui ne peut avoir lieu qu'autant que les produits de la combustion conservent une température élevée en arrivant dans la cheminée, en consomme une quantité importante. Aussi dans les foyers ordinaires n'obtient-on guère que 6 à 7 kil. de vapeur par kil. de houille brûlée, ou de 0,50 à 0,60 de l'effet théorique.

Ce résultat montre combien il importe de perfectionner la construction des foyers et des chaudières, pour améliorer l'ensemble de la machine à vapeur.

Loi de Mariotte. Lorsqu'un gaz change de volume et par suite de pression, *sa température restant constante,* les pressions sont en raison inverse des volumes. C'est la loi dite de Mariotte qui a été vérifiée pour tous les gaz permanents, et qui s'exprime par l'égalité $PV = P'V'$, P, V étant la pression et le volume primitif, P', V' la pression et le volume qu'il prend ensuite.

La vapeur se comportant comme un gaz, on peut lui appliquer la loi de Mariotte, pourvu qu'on ait égard à la condition que la température reste constante. Même avec cette restriction, la loi de Mariotte n'est pas applicable à la vapeur saturée pour une réduction de volume ou une augmentation de pression, puisqu'il en résulte une précipitation de liquide. Pour l'augmentation de volume, la loi de Mariotte paraît très admissible.

Représentation de cette loi. Si sur une ligne droite nous portons des abcisses proportionnelles aux volumes de la vapeur, et qu'en chacun des points correspondants nous élevions des ordonnées de longueur proportionnelle aux pressions de la vapeur d'après la loi de Mariotte, la courbe passant par les extrémités de ces ordonnées sera une branche d'hyperbole équilatère ayant pour asymptote la ligne des x, qui correspond à la pression nulle.

x étant l'abcisse et y l'ordonnée, on voit que cette courbe a pour expression $xy = \text{const.}$, ce qui est bien l'équation de l'hyperbole équilatère.

Loi de la dilatation du gaz. D'après les observations de Gay-Lussac, on admettait que tous les gaz se dilataient de la même quantité et de $\frac{1}{267} = 0{,}00375$ de leur volume pour un degré du thermomètre centigrade.

M. Régnault, en vérifiant cette loi pour divers gaz et à diverses pressions, a trouvé qu'elle ne se vérifiait pas d'une manière absolue ; toutefois les différences sont tellement minimes qu'elles sont tout à fait négligeables dans l'application.

Le coefficient de dilatation est égal à 0,003665. Celui de la vapeur d'eau n'a pas été déterminé ; ce n'est que par analogie qu'on peut lui appliquer celui de l'air, sa densité étant d'ailleurs le plus souvent supérieure à celle de l'air ; nous adopterons avec M. Morin le coefficient 0,00368.

Combinaison de la loi de Mariotte et de celle de Gay-Lussac. Il résulte de la loi de Gay-Lussac qu'un volume V_o de vapeur à la température zéro et à la pression P_o, passant à la température T en restant à la même pression, prendra le volume :

$$V_o\,(1 + 0{,}00368\,T).$$

S'il reste à la température T et est soumis à la pression P, son volume V sera, d'après la loi de Mariotte :

$$V = V_o\,(1 + 0{,}00368\,T)\,\frac{P_o}{P}.$$

Densité. La densité d'une même quantité de vapeur étant en raison inverse des volumes qu'elle occupe, on a également entre les densités D_0 et D correspondant aux volumes V_0 et V, la relation :

$$D = D_0 \frac{1}{(1 + 0{,}00368\ T)} \frac{P}{P_0}.$$

Si l'on veut comparer entre eux les volumes et les densités à deux températures T et T' et deux pressions P et P', en divisant respectivement l'une par l'autre les valeurs de V et V' en fraction de V_0 et P_0, on a :

$$V = V' \frac{1 + 0{,}00368\ T}{1 + 0{,}00368\ T'} \cdot \frac{P'}{P}, \quad (1)$$

et

$$D = D' \frac{1 + 0{,}00368\ T'}{1 + 0{,}00368\ T} \cdot \frac{P}{P'}. \quad (2)$$

En général, on prend pour terme de comparaison la vapeur à 100° et à la pression de l'atmosphère, ce qui donne T' = 100°, P' = 1k,0330 par centimètre carré, D' = 0k,5945 d'après une détermination directe de M. Gay-Lussac. Enfin V' égale 1 mètre cube.

La formule (2) devient alors :

$$D = \frac{0{,}78402}{1 + 0{,}00368\ T} P.$$

Le poids Q d'un volume de vapeur à la température T et à la pression P sera donc :

$$Q = VD,$$

et le volume d'un poids donné de vapeur sera :

$$V = \frac{Q}{D} = 1{,}277 \frac{1 + 0{,}00368}{P} Q. \quad (3)$$

Relations entre la pression et la température des vapeurs saturées. Les expériences de M. Régnault, dont nous donnons le tableau à l'article VAPEUR, montrent comment sont liées les températures et les pressions des vapeurs saturées. On peut en comprendre les résultats dans des formules par interpolation ; malheureusement celles-ci sont trop compliquées pour pouvoir être introduites dans le calcul de l'effet des machines à vapeur, de manière à pouvoir être d'une utilité pratique.

MM. Dulong et Arago avaient conclu de leurs expériences la formule :

$$T = \frac{\sqrt[5]{P - 1}}{0{,}7153}, \text{ ou } P = (1 + 0{,}7153\ T)^5,$$

dans laquelle P représente la pression en atmosphères et T l'excès de la température sur 100°, exprimé en fraction de 100°.

M. Combes a trouvé que les résultats des expériences de M. Régnault étaient donnés d'une manière satisfaisante par la formule :

$$1000\ P = (1{,}300172 + 0{,}0187437\ T)^{6{,}10077}$$

T étant la température en degrés centigrades, P la pression en kilogrammes, sur un centimètre carré de surface.

CALCUL DU TRAVAIL.

Travail de la vapeur à pression pleine. Soit P la pression de la vapeur par centimètre carré, ou 10,000 P par mètre carré, dans le cylindre à vapeur au moment où il est mis en communication avec la chaudière ; pression supposée constante pendant l'admission, comme cela a lieu pour les machines dans lesquelles les tuyaux de conduite, et surtout les orifices d'admission, sont de dimensions convenables.

Soit L la partie de la course du piston pendant laquelle l'admission a lieu.

S la surface de ce piston en mètres carrés.

Il est clair que la pression de la vapeur étant 10,000 P sur la surface S et le chemin parcouru L, elle produira le travail :

$$10{,}000\ PS \times L = 10{,}000\ PV$$

MACHINE A VAPEUR.

en appelant V le volume égal à S L engendré par le piston durant cette période.

Travail de la détente. A partir du moment où la communication entre la chaudière et le cylindre est interceptée, le piston qui continue son mouvement ne cesse pas d'être pressé par la vapeur. La force élastique de celle-ci diminue comme celle d'un ressort qui se débande, et la loi de la décroissance de pression est pour un gaz la loi de Mariotte, qui s'applique par analogie à la vapeur, c'est-à-dire qu'en un instant quelconque pour lequel le volume V sera devenu V" et la pression P, P",

on aura $PV = P''V''$ et $P'' = \frac{PV}{V''}$.

Si l'on considère un déplacement infiniment petit l du piston, pendant lequel cette pression P" peut être considérée comme constante, on aura comme précédemment pour le travail :

$$10{,}000\ P''\ Sl = 10{,}000\ PV \frac{v''}{V''},$$

en appelant v'' la variation Sl du volume V".

Le travail total développé pendant la détente, depuis l'instant où l'admission a cessé et où la pression était P et le volume V, jusqu'à la fin de la détente où le volume sera devenu V_1 et la pression P_1, est donc la somme d'une infinité de termes semblables à $\frac{v''}{V''}$, multipliant le facteur commun 10,000 PV.

Cette somme est l'intégrale du rapport de l'accroissement du volume V au volume V_1, c'est-à-dire que l'on a :

$$\int_{v_1}^{v} \frac{dV}{V} = \text{log. hyp. } \frac{V_1}{V}.$$

Cette valeur est précisément égale à l'aire comprise entre une portion d'arc d'hyperbole, les deux ordonnées correspondantes aux pressions extrêmes et la ligne des x, c'est la somme des produits des volumes engendrés par les pressions successives et variables.

M. Poncelet a donné un tableau très commode pour calculer le travail produit à 1 atm. par l'action directe et la détente de 1 mètre cube de gaz, qui peut servir à calculer le travail pour une pression et un volume quelconque.

Nous en extrayons le tableau suivant :

VOLUME après la détente.	QUANTITÉ de travail correspondant.	VOLUME après la détente	QUANTITÉ de travail correspondant	VOLUME après la détente.	QUANTITÉ de travail correspondant
m.c.	k.m.	m.c.	k.m.	m.c.	k.m.
1,	10,333	1,90	16,966	7,50	31,154
1,01	10,436	2,00	17,496	8	31,820
1,02	10,538	2,20	18,181	8,50	32,447
1,03	10,639	2,40	19,380	9	33,038
1.04	10,739	2,60	20,207	9,50	33,597
1,05	10,837	2,80	20,973	10	34,127
1,06	10,935	3,00	21,686	15	38,317
1,07	11,032	3,20	22,353	20	41,289
1;08	11,129	3,40	22,979	25	43.505
1,09	11,224	3,60	23,570	50	50,758
1,10	11,318	3,80	24,128	100	57,920
1,20	12,217	4,00	24,658	»	» »
1,30	13,044	4,50	25,875	»	» »
1,40	13,810	5	26,964	»	» »
1,50	14,523	5,50	27,949	»	» »
1,60	15,190	6	28,848	»	» »
1,70	15,816	6,50	22,675	»	» »
1,80	16,407	7	30,441	»	» »

Travail moteur total développé par la vapeur dans une course du piston. En ajoutant le travail dû à un volume

V de vapeur pendant la période d'admission à celui qu'il développe pendant la détente, on a pour le travail moteur total :

$$10{,}000\ PV\left(1 + \text{log. hyp. } \frac{V_1}{V}\right).$$

Mais cette expression suppose que le piston ne rencontre aucune résistance, tandis que dans la réalité il doit surmonter, sur la face opposée à celle sur laquelle agit la vapeur qui vient de la chaudière, la résistance produite par la force élastique de la vapeur envoyée au condenseur ou dans l'air. Si l'on désigne par P' cette pression sur le centimètre carré, et en admettant qu'elle demeure constante, ce qui n'est qu'à peu près exact, ou qu'on prenne la valeur moyenne, on aura pour expression du travail résistant :

$$10{,}000\ P'SL' = 10{,}000\ P'V_1 = 10{,}000\ PV\frac{P'}{P_1},$$

à cause de (L' étant la course totale du piston) :

$$SL' = V_1 = \frac{PV}{P_1}.$$

Cette quantité doit être retranchée de celle ci-dessus, et le travail moteur réel développé sur le piston dans une course aura pour expression :

$$10{,}000\ PV\left(1 + \text{log. hyp. } \frac{V_1}{V} - \frac{P'}{P_1}\right)^{\text{k.m.}} \quad (a)$$

Cette expression s'applique à tous les genres de machines à vapeur, notamment à celles à deux cylindres. Il est facile pour ces dernières de le démontrer directement. Au reste, cela résulte du principe général rappelé à l'article *Calorie*, et dont il est facile de démontrer, par le raisonnement employé, la généralité, à savoir : que le travail développé par un gaz qui se détend est indépendant de la forme du vase, et ne dépend que du volume qu'il occupait au commencement et de celui qu'il occupait à la fin.

Quantité de travail produit en 1" par la vapeur. Si l'on nomme *n* le nombre des courses simples du piston en 1" (course pendant laquelle il engendre le volume V_1), le travail développé en 1" sera :

$$\frac{n}{60}\ 10000\ PV\left(1 + \text{log. hyp. } \frac{V_1}{V} - \frac{P'}{P_1}\right).$$

Force en chevaux. Le cheval-vapeur étant égal à $75^{\text{k. m.}}$ en 1", la force en chevaux d'une machine à vapeur sera donc obtenue en divisant la formule précédente par 75, c'est-à-dire égale à :

$$\frac{n}{60}\,\frac{10000\ PV}{75}\left(1 + \text{log. hyp. } \frac{V_1}{V} - \frac{P'}{P_1}\right)$$
$$= 2{,}222\,n\,PV\left(1 + \text{log. hyp. } \frac{V_1}{V} - \frac{P'}{P_1}\right).$$

Quantité de travail théorique par unité de chaleur. Nous avons trouvé une formule (3) qui nous donne le volume d'un poids de vapeur. Cette formule est :

$$V = \frac{Q}{D} = 1{,}2777\ \frac{1 + 0{,}00368\ T}{P}Q.$$

Nous pouvons introduire cette expression du volume V dans celle du travail qu'il produit (*a*), et le poids y figurera seul.

D'autre part, un poids Q d'eau exige pour être réduit en vapeur saturée à la température T :

$$Q\,(606 + 0{,}305\ T - T')\ \text{calories}.$$

Divisant donc l'expression du travail d'un poids Q de vapeur par le nombre de calories qu'a exigé sa production, nous aurons le travail d'une calorie. Cette expression est donc :

$$1{,}2777\ \frac{1 + 0{,}00368\ T}{606 + 0{,}305\ T - T'}\left[1 + \text{l. hyp. } \frac{V_1}{V} - \frac{P'}{P_1}\right]^{\text{k.m.}}$$

L'application de cette formule générale, qui est indépendante d'un système particulier à ceux qui sont les plus usités, nous permettra d'apprécier leur valeur relative.

On peut partager les systèmes connus de machines à vapeur en quatre classes :

1° *Les machines à détente et à condensation* les plus parfaites de toutes, telles que les machines de Wolf et quelques machines de Watt. L'eau extérieure n'étant pas en général au-dessous de 10°, nous prendrons pour limites $T' = 10$ $P' = P_1 = 0^{\text{k}},013$ pression du condenseur correspondant à 10°. L'expression générale qui donne le travail théorique devient dans ce cas $\left(\text{en remplaçant } \frac{V_1}{V} \text{ par } \frac{P}{P_1}\right)$:

$$12777\ \frac{1 + 0{,}00368\ T}{606 + 0{,}305\ T - 10}\left(\text{log. } \frac{P}{0{,}013}\right)^{\text{k.m.}}$$

2° *Les machines à condensation sans détente,* ce qui comprend celles de Newcommen et les premières machines de Watt ; on a alors pour limites.

$$T' = 10°,\ (P_1 = P),\ P' = 0^{\text{k}},013,$$

et l'expression du travail devient dans ce cas :

$$12777\ \frac{1 + 0{,}00368\ T}{606 + 0{,}305\ T - 10}\left(1 - \frac{0{,}013}{P}\right)\text{k. m.}$$

3° *Les machines à détente sans condensation,* où la vapeur s'échappe dans l'air après avoir agi. Dans ce cas on a les limites : $P_1 = 1^{\text{k}},033$, $P' = P_1$, $T' = 10°$, et la formule devient :

$$12777\ \frac{1 + 0{,}00368\ T}{606 + 0{,}305\ T - 10}\left(\text{log. } \frac{P}{1{,}033}\right)^{\text{k.m.}}$$

4° Enfin *les machines sans détente ni condensation.* Dans ce cas on aurait $P_1 = P$, $P' = 1^{\text{k}},033$, $T = 10°$, pour limites, et la formule :

$$12777\ \frac{1 + 0{,}00368\ T}{606 + 0{,}305\ T - 10}\left(1 - \frac{1^{\text{k}},033}{P}\right)^{\text{k.m.}}$$

En faisant varier la pression dans ces quatre classes de machines, depuis une jusqu'à trente-deux atmosphères en progression géométrique dont la raison soit deux, on forme le tableau suivant des quantités de travail théorique dues à une unité de chaleur, d'où l'on déduit par une simple multiplication celles dues à un kilog. d'un combustible quelconque :

Tensions de la vapeur en atmosphères. . . .	1	2	4	8	16	32
Températures correspondantes.	100°	121°	144°	172°	203	240
Valeurs du facteur : $\frac{1 + 0{,}00368\ T}{606 + 0{,}305\ T - 10}$ . . .	0,00218	0,00224	0,00238	0,00248	0,00270	0,00277
1° Machines à détente et condensation. . . .	120	143	171	203	241	269
2° Machines sans détente à condensation. .	27,5	28,3	30	31	34	34
3° Machines à détente sans condensation. .	0	16,7	40,5	64.6	91,8	116,6
4° Machines sans détente ni condensation. .	0	14,3	22,5	27,7	32,3	33,3

Observations sur les résultats du tableau ci-dessus. Ce tableau permet de comparer les systèmes divers de machines à vapeur et d'apprécier la valeur de la formule elle-même, grâce aux principes que nous avons établis relativement au travail théorique de l'unité de chaleur d'une CALORIE.

Nous remarquerons d'abord combien les machines sans détente (2 et 4) sont défectueuses, puisque leur travail théorique à 32 atmosphères n'atteint pas 1/3 du travail possible du combustible.

Pour celles de la première et deuxième classe, une observation qui ressort naturellement de la vue du tableau, c'est que la valeur du facteur $\frac{1+303688}{606+305\,T-T'}$ croît très lentement et à peu près proportionnellement à la température ; par conséquent l'effet utile théorique ne croît guère plus rapidement que le logarithme de la pression, c'est-à-dire très lentement. Comme les difficultés de la construction, les pertes de chaleur et de vapeur augmentent beaucoup avec la tension, on a cru pouvoir en conclure qu'il y a peu d'avantages à attendre de l'emploi de la vapeur à très hautes pressions. Ce résultat est conforme aux résultats de la pratique, mais non à ceux de la théorie incomplète. En effet, cette formule conduit à ce résultat évidemment impossible, et qui montre qu'elle est insuffisante, que le travail de la vapeur dans les machines à détente et condensation peut être supérieur au travail théorique de la chaleur, quand la détente est poussée très loin, comme on l'a supposé pour calculer les chiffres du tableau donné plus haut, et qui sont supérieurs au maximum trouvé à l'article CALORIE. Cette quantité, indéfiniment croissante avec la valeur de la pression initiale, a fait conclure à bien des auteurs que *théoriquement* l'unité de chaleur peut donner un travail infini. Nous avons déjà dit que c'était admettre le mouvement perpétuel. Il est beaucoup plus raisonnable d'admettre que la *théorie* est incomplète et de chercher à lui faire embrasser toutes les données de la question. C'est ce que nous allons tenter.

Chaleur absorbée par la détente. Ce qui rend les résultats de la théorie nécessairement différents de ceux qu'on obtient dans la pratique, c'est qu'on néglige un élément important.

Remarquons d'abord que la chaudière à vapeur renferme de la vapeur à saturation, c'est-à-dire de la vapeur qui s'est dégagée de l'eau aussitôt qu'une quantité de chaleur a été incorporée avec elle en quantité suffisante pour que sa tension puisse contre-balancer celle qui s'exerce à la surface du liquide.

Or, quand la vapeur arrive dans le cylindre, elle s'y trouve d'abord (pourvu que les ouvertures et les conduites de vapeur soient de grandeur suffisante) sensiblement à la même pression que dans la chaudière ; mais, lorsque la détente a lieu, la pression diminue, et comme, d'après une loi physique très fréquemment vérifiée, tous les gaz absorbent de la chaleur en augmentant de volume, on en conclura que la correction qui doit être apportée à la formule générale consiste à tenir compte de l'abaissement de température produit par la détente. Cet abaissement de température de la vapeur saturée, cause nécessairement la diminution de pression que l'on peut considérer comme équivalente à la précipitation d'une certaine quantité de vapeur, dont la chaleur latente serait consommée par la dilatation et entretiendrait la température constante.

Ainsi que nous l'avons établi à l'article CALORIE, où nous avons étudié la question du travail théorique de la chaleur, on peut considérer la formule de Mariotte comme applicable au calcul du travail de la détente de la vapeur, avec une approximation suffisante, en diminuant de $\frac{1}{30}$ pour chaque fois le volume primitif, la pression calculée d'après la loi de Mariotte.

De la sorte le travail de la détente croissant moins rapidement, et ne croissant plus du tout après la détente de quinze fois le volume primitif, les résultats évidemment erronés du tableau précédent ne sont plus contenus dans la formule corrigée. Un travail infini ne se trouve plus possible pour une minime quantité de chaleur, et la formule est en rapport avec l'expérience.

Correction à apporter au calcul de la détente. Le mode de correction que nous venons de rappeler, peut être indiqué par plusieurs voies équivalentes entre elles.

Ainsi si nous partons d'abord de la détermination du travail maximum d'une calorie, nous aurions une indication des corrections à apporter à la formule, en considérant les valeurs qu'elle prend quand on l'applique aux températures et aux pressions élevées, et nous servant de ce maximum pour y introduire une correction.

Appelons p la quantité de vapeur qui, en agissant constamment, produirait un travail égal à celui correspondant à la diminution de pression que produit l'absorption de chaleur résultant de la détente, l'élément dont la formule non corrigée ne tient pas compte.

Nous aurions donc une limite minimum de la valeur de p, en l'introduisant dans la formule la plus complète, celle qui s'applique aux machines à détente et à condensation, et en posant :

$$12777\ \frac{1+0{,}00368\,T}{616+0{,}305\,T-10}\left(\log.\ \frac{P-p}{0{,}013}\right)^{k.m.}=110^{k.m.}$$

En faisant successivement varier T et P, nous aurions des valeurs qui iront en se rapprochant de la valeur réelle de p, et qui, à cause de la lenteur de la variation des termes qui entrent dans la formule, sera très admissible dans la pratique.

En faisant les calculs pour les pressions déjà considérées, nous obtenons le tableau suivant :

Tensions de la vapeur en atmosphères. Id. en centimetre carré.	1 1^k,033	2 2,066	4 5,132	8 8,264	16 16,328	32 33^k,056
Températures correspondantes. . . .	100°	121°	144°	172°	203°	240°
Détentes ou valeurs de $\frac{V_1}{V}=\frac{P}{P_1}$. . .	79	158	316	632	1264	2528
Valeurs de $P-p$.	0^k,702	0,650	0,507	0,455	0,338	0,325
Valeur de p	0^k,331	1,416	3,625	7,809	16,190	30^k,731
Valeur de $\frac{p}{P}$	0,32	0,68	0,87	0,94	0,98	0,992

On voit qu'avec les détentes considérables que nous avons supposées, ce n'est qu'une fraction minime (moins de $\frac{1}{100}$ P pour 32 atm.) de la pression qui doit remplacer celle-ci pour que la quantité du travail trouvée ne soit pas sûrement trop forte. La correction doit annuler 99 p. 100 de la pression et 60 p. 100 du travail, que la formule indique à tort.

En attendant que des déterminations exactes permettent d'introduire avec quelque précision la correction que nous cherchons, nous croyons convenable d'adopter le résultat obtenu précédemment, et de prendre pour valeur moyenne de p, pour des détentes qui dans la pratique dépassent rarement dix ou douze fois le volume primitif et des pressions de 5 à 6 atmosphères, $p = \frac{1}{30}P$ pour chaque volume de détente, et la formule générale a deviendra :

$$12777 \frac{1+0,00368\,T}{606+0,305\,T-T'}\left(1+l.\left(\frac{V}{V_1}\left[1-\frac{\frac{V_1}{V}}{30}\right]\right)-\frac{P'}{P}\right)$$

Elle n'a plus de sens pour des détentes supérieures à quinze ou vingt fois le volume primitif, mais un cas semblable ne se présente pas dans la pratique des machines telles qu'on les établit aujourd'hui.

On devrait faire peut-être subir pour les premiers volumes de détente une légère augmentation à la fraction de correction, parce que c'est lorsque la vapeur est à saturation, à son maximum de densité, qu'elle absorbe le plus de chaleur par la détente.

Détermination directe de la quantité de chaleur employée par la détente. M. Combes, qui a consacré quelques pages fort intéressantes à la théorie de la machine à vapeur dans son traité de l'exploitation des mines, s'est occupé de la question que nous traitons.

Il rapporte d'abord des expériences de M. Wickseed à ce sujet, expériences qui n'ont qu'une valeur d'approximation, ne sont nullement faites dans des conditions réellement scientifiques. Dans la première, faite sur une machine de Cornwall, la vapeur qui entourait le cylindre et remplissait l'enveloppe sortait, après avoir été condensée, par un tuyau adapté à la partie inférieure. L'eau condensée fut environ $\frac{4}{100^{es}}$ de la quantité totale d'eau envoyée par la chaudière à l'état de vapeur, et comme elle sortait à 130°, la chaleur ainsi consommée pour chaque kilogr. de vapeur utilement employée était $\frac{4}{100^{es}}(650-130)=20,80$, tandis que celle de la vapeur était $650-30=620$, c'est-à-dire environ $\frac{1}{30^{e}}$. La détente était de deux fois le volume.

Pour une machine de Watt, il a trouvé le rapport des poids de vapeur de $\frac{22}{1000^{es}}$. Or, dans cette machine la vapeur était supprimée seulement aux $\frac{5}{8^{es}}$ de la course. La correction pour une détente d'un volume eût donc dû être de $\frac{1}{30^{e}}$ environ, puisqu'elle est de $\frac{22}{1000^{e}}$ pour $\frac{5}{8^{es}}$, ou $\frac{176}{5000^{es}}$, ou environ, $\frac{1}{30^{e}}$ comme nous l'avons trouvé théoriquement.

Enfin M. Combes a fait des expériences avec une machine dans le cylindre de laquelle la vapeur à 3 atmosphères n'était reçue que pendant $\frac{1}{20^{e}}$ de la course. L'eau condensée dans l'enveloppe était environ $\frac{1}{8^{e}}$ de celle qui agissait dans le cylindre. Pour une détente de un volume la correction eût été de $\frac{1}{152^{e}}$.

Ces expériences confirment la nécessité de la correction ci-dessus; si elles sont insuffisantes pour en déterminer exactement la valeur, elles paraissent indiquer que nous sommes peu éloignés de la vérité, et montrent combien serait désirable la détermination des données physiques qui permettraient de le faire avec exactitude.

Nous citerons encore, comme fournissant une approximation, des expériences directes dues à M. Galy-Cazalat. Il mettait un globe contenant de la vapeur et plongé dans un bain-marie d'eau salée, en communication, à l'aide d'un robinet, avec un globe dans lequel on avait fait le vide. La différence des pressions, indiquées par un manomètre au moment où on avait opéré la détente et après le réchauffement de la vapeur, indiquait la perte de pression due au refroidissement de la vapeur. Il a trouvé cette perte égale à 0,93 de la pression initiale pour une détente d'un volume, c'est-à-dire, pour comparer à l'expression ci-dessus, qu'il faudrait poser $0,93 \log 2 = \log 2\left(1-\frac{1}{a}\right)$, ou en faisant le calcul $\frac{1}{a}=\frac{1}{20}$ au lieu de $\frac{2}{30}=\frac{1}{15^{e}}$ d'après notre formule.

M. Morin, en faisant des expériences pour vérifier à quel point la loi de Mariotte était applicable à la vapeur d'eau, a trouvé que les résultats obtenus en l'admettant étaient trop forts de $\frac{1}{29^{e}}$. Telle est sa moyenne pour six expériences. Il faut ajouter que les résultats étaient au contraire trop faibles quand la détente était poussée à dix ou douze fois le volume primitif. Sans doute, dans ce cas, le réchauffement de la vapeur par l'enveloppe du cylindre de la machine sur laquelle on expérimentait, changeait toutes les conditions de la question, introduisait un élément nouveau dont nous allons parler.

Avant de quitter ce sujet, nous reviendrons encore sur les hypothèses qui nous ont permis d'établir la correction que nous introduisons ici dans la formule générale des machines à vapeur.

Il résulte des expériences de M. Regnault qu'un même poids de vapeur possédant des quantités de chaleur croissante à saturation et à des températures différentes, il n'est pas possible que la vapeur se détendant reste à saturation dans son nouveau volume. Cependant comme la chaleur latente de la vapeur croît avec la détente, la température et la pression diminuent plus rapidement que si la diminution de pression avait lieu de vapeur saturée ou vapeur saturée. Lorsqu'enfin la chaleur absorbée excède la quantité nécessaire en quelque sorte pour constituer de la vapeur à basse température, il est difficile de comprendre comment la détente se poursuit sans qu'il y ait partie de la vapeur qui se liquéfie et passe à l'état vésiculaire, par suite du refroidissement produit par la détente de la vapeur. Il va sans dire que la chaleur latente de cette partie réchauffe la masse.

Au moins ce résultat, qui justifierait complétement notre manière de raisonner (voir CALORIE), est conforme à une expérience de M. Pambour, peu rigoureuse sans doute, mais qui fournit cependant une indication intéressante.

M. Pambour rapporte avoir fait des expériences en plaçant des thermomètres et des manomètres à l'entrée et à la sortie de la vapeur dans des cylindres de locomotives, et avoir reconnu que pour des variations de pression de 4 atmosphères à $4^{atm},20$, les variations de température étaient celles indiquées par les expériences

de Dulong, c'est-à-dire que la vapeur à la sortie était non de la vapeur à la température de celle à 4 atmosphères détendue à $1^{atm},20$, mais de la vapeur saturée à $1^{atm},20$; c'est-à-dire que la vapeur s'était refroidie par la détente, et devait être mélangée d'eau à l'état vésiculaire. Il est juste d'ajouter que les entraînements d'eau avec la vapeur sont trop fréquents dans les locomotives pour que cette expérience soit de grande valeur.

Des enveloppes. Le principal résultat des considérations qui précèdent, tout en nous permettant d'améliorer la théorie de la machine à vapeur, est d'arriver à constater théoriquement l'influence si avantageuse des enveloppes, pour des machines dans lesquelles la détente est très grande. La vapeur, lorsqu'elle se détend, doit absorber avec rapidité la chaleur que fournit l'enveloppe, ce qui évite les diminutions de pression dues à la condensation de partie de la vapeur par les parois du cylindre; et permet d'obtenir la même quantité de travail avec une moindre consommation de combustible que sans enveloppes, l'utilisation de la même quantité de chaleur ayant lieu avec un nombre moindre de coups de piston, et par suite, avec économie des pertes dues aux espaces morts, contractions et condensations partielles de la vapeur, etc.

Cette quantité de chaleur fournie par l'enveloppe qui cause des accroissements de pression utilisés par la détente, produit tout son effet théorique, travaille par suite d'une manière extrêmement avantageuse. C'est dans la voie de la meilleure utilisation des enveloppes (après l'emploi de la détente), qu'ont été accomplis les derniers perfectionnements les plus importants de la machine à vapeur. Arrêtons-nous donc un instant sur cette question.

Échauffement et refroidissement du cylindre. Les expériences de M. Combes, comme les inductions de la théorie, rendent bien compte d'un phénomène curieux dont on n'avait pas assez tenu compte, et dont l'influence se fait sentir différemment, en général, suivant que le cylindre est ou n'est pas garni d'une enveloppe.

1° Dans le cas où le cylindre n'a pas d'enveloppe, ou ne reçoit pas d'une manière quelconque un échauffement direct, ce qui serait équivalent, la vapeur refroidit les parois lors de la détente, et la pression dans le cylindre est moindre qu'elle ne devrait être, par suite de l'absorption de chaleur par le cylindre lorsque la vapeur y arrivant se condense en partie sur les parois refroidies.

2° Lorsque le cylindre est chauffé par une source de chaleur extérieure, lorsqu'il est muni d'une enveloppe renfermant de la vapeur, comme on a soin de le faire aujourd'hui pour toutes les machines qui emploient la détente, alors non-seulement les pertes indiquées ci-dessus sont évitées, mais encore la vapeur emprunte au cylindre la chaleur nécessaire à son accroissement de volume, et comme l'indiquent les diagrammes obtenus avec l'indicateur (genre d'observations dont nous allons bientôt parler), les pressions successives sont généralement supérieures à celles indiquées par la loi de Mariotte.

Mais alors il faut remarquer que la chaleur dont le travail est utilisé n'est plus seulement celle incorporée dans la vapeur utilisée, que son jaugeage serait inexact si on ne tenait compte que de celle-là, qu'il faut calculer encore la chaleur employée à son réchauffement pendant la détente.

La formule qui donnera avec exactitude le travail dans le premier cas, pour une quantité de chaleur déterminée, le fournira encore avec assez d'approximation dans le second, puisque l'on aura calculé en même temps deux valeurs trop faibles du travail et de la chaleur, et que ces quantités correspondantes seront assez petites relativement aux quantités totales de chaleur et de travail. Il n'en serait plus de même de la formule qui donne le travail par seconde.

Éléments négligés dans les calculs précédents.

Les formules que nous venons d'établir ne se rapportant qu'au phénomène physique de l'action de la vapeur sur le piston, même avec la correction que nous proposons, ne sont pas complètes en ce sens qu'elles n'embrassent pas les résistances de différente nature de l'appareil qui constitue une machine à vapeur; elles ne tiennent pas compte des résistances intérieures de la machine, négligent même quelques phénomènes qui naissent lors du mouvement de la vapeur. Cherchons à les énumérer, et nous verrons que les calculs auxquels entraîne l'évaluation des résistances, s'ils sont possibles et même assez faciles dans chaque cas particulier, ne peuvent entrer dans une formule générale; que de plus ils exigent que l'on connaisse le poids et les dimensions exactes des principales pièces, ce qui présente d'assez grandes difficultés à déterminer quand les machines sont construites.

1° *Frottement du piston et de la tige du piston.* Le piston dont le contour doit être appliqué avec assez de force, par l'effet des ressorts intérieurs ou de sa garniture, sur le cylindre à vapeur, pour que la vapeur ne puisse jamais passer d'une face à l'autre du piston, consomme une quantité de travail assez notable. Ce travail a pour expression $2\pi RPe$, P étant la pression de la vapeur que doit égaler la pression du piston contre les parois du cylindre, e l'épaisseur du piston, le travail consommé par chaque course l du piston sera $2\pi RPe \times fl$, f étant le coefficient du frottement. Ainsi si $P = 1^k,25$, $R = 0,50$, $e = 0,1$, $l = 1^m$, $f = 0,10$, le travail consommé par course du piston sera $0,031 \times 1,25$ ou 37^{km}, soit un demi-cheval-vapeur si la course de 1 mètre s'accomplit en une seconde.

Ce que nous venons de dire du piston s'applique également à la tige du piston qui passe dans une boîte à étoupes, et y est assez pressée pour que la vapeur ne puisse passer.

Dans la pratique, et surtout lorsque la garniture du piston a été remise à neuf, la pression est en général bien plus forte que nous ne l'avons supposé, et le travail absolu plus considérable.

Mais c'est surtout lorsque par l'usure ou quelque défaut dans l'alésage, le piston laisse passer de la vapeur d'une face à l'autre, qu'il se produit des pertes de travail. Il est impossible de l'évaluer; mais au reste elles ne sauraient être notables sans que la machine ne perde rapidement de sa force, que le condenseur ne s'échauffe et que la machine ne soit mise en réparation. Le frottement des tiroirs peut encore donner lieu à des considérations semblables à celles que nous exposons ici en traitant du piston, mais les chemins parcourus et les surfaces sont bien moindres.

Volant. La nécessité de transformer le mouvement rectiligne alternatif de la tige du piston en mouvement circulaire continu, dont la vitesse soit sensiblement uniforme, fait employer un volant d'un poids considérable. Cet organe de régularisation du mouvement consomme par son frottement une quantité importante de travail, facile à mesurer dans chaque cas, car pour chaque tour du volant correspondant à une double oscillation du piston, il est égal au coefficient du frottement multiplié par le poids considérable du volant et par la circonférence de l'axe qui le supporte.

Ainsi pour un tour par seconde et un volant de 2,500 kil. supporté par des axes de 0,10 de rayon, si $f = 0,1$, le travail absorbé par le frottement sera $0,1 \times 2,500 \times 2\pi \times 0,10 = 157$ kil. mét. $= 2,10$ cheval-vapeur.

Le travail absorbé par le volant est en proportion de son poids, et celui-ci est d'autant plus grand que l'ac-

tion de la vapeur présente plus d'irrégularités. C'est ainsi que les machines à un cylindre dans lesquelles la détente est poussée fort loin, sont celles qui ont les volants les plus pesants. Remarquons que la rapidité de la course du piston permet de diminuer le poids du volant en augmentant sa vitesse.

Pompe alimentaire. — Pompe à air. Nous verrons en traitant de la construction de la machine à vapeur comment doivent être construites ces pompes. Dans chaque cas le travail qu'elles exigent pourra être déterminé par les mêmes procédés que pour toute pompe.

Leur travail sera une fraction d'autant moindre du travail total de la machine que la détente y sera poussée plus loin; la quantité d'eau employée pour alimenter la chaudière et le condenseur sera d'autant moindre pour un même travail, que 1 kil. d'eau produira un plus grand travail.

Du régulateur de Watt ou gouverneur. Dans tout ce qui précède nous sommes partis de la pression de la vapeur indiquée par le manomètre adapté à la chaudière, et avons supposé qu'elle agissait à cette même pression dans le cylindre de la machine. Dans la pratique il n'en est pas ainsi. Non-seulement il faut qu'il y ait une différence de pression entre la vapeur de la chaudière et celle du cylindre pour que cette vapeur passe de la première capacité dans la seconde, quantité assez faible pour pouvoir être négligée dans la pratique, mais encore elle est augmentée par des dispositions de la machine elle-même.

Cette différence de pression cause certainement une perte de travail, c'est-à-dire qu'elle diminue le travail mécanique que peut développer un même poids de vapeur d'eau, quelles que soient d'ailleurs les lois suivant lesquelles varie la pression de la vapeur d'eau avec sa densité. Le travail qu'elle produit pour passer de la première pression à la deuxième, pourrait évidemment être utilisé par une meilleure disposition.

Il importe donc de recevoir la vapeur dans le cylindre à la pression la plus voisine possible de celle qu'elle a dans la chaudière, et de faire qu'elle se dilate dans le cylindre et non dans le trajet de la chaudière au cylindre.

La première précaution à prendre pour éviter cet inconvénient est de faire les tuyaux de vapeur et les orifices d'admission assez grands pour que la vapeur ne soit pas arrêtée au passage. Il en est ainsi pour toutes les machines bien construites, pour tous les orifices réguliers, car la vitesse de la vapeur est très grande pour une petite différence de pression, comme le montrent les formules qui servent à calculer la vitesse du mouvement des fluides élastiques. Mais il n'en est pas de même lorsque fonctionne la soupape mue par le régulateur à force centrifuge, qui peut fermer presque entièrement le passage de la vapeur lorsque la vitesse du piston est un peu trop grande.

Il faut même observer que la bonne marche d'une machine exige que, par la fermeture partielle de la soupape à gorge, il y ait dans le générateur un léger excès de pression sur le cylindre, moins pour soutenir les excédants d'une charge, qui, très souvent, reste constante, que pour maintenir la marche de la machine régulière dans les légères variations en moins que présentent le feu et la tension de la vapeur. Mais comme le remarque avec raison M. Grouvelle (*Guide du chauffeur*), auquel nous empruntons cette observation, il faut bien se garder pour appliquer les formules de prendre la pression dans le générateur avec la soupape à gorge à moitié fermée, c'est-à-dire avec une différence importante et inutile de pression.

Si la machine est à son maximum de charge, la pression doit être élevée au degré de règle de la chaudière et l'observation donnera le travail correspondant. Quand la machine est peu chargée, il faut laisser tomber la pression de la vapeur, jusqu'à ce qu'elle enlève exactement à sa vitesse normale la charge actuelle de la machine, qui devient ainsi une charge maximum pour une pression donnée.

Toujours est-il que dans l'emploi habituel des machines à vapeur, la soupape à gorge est une cause de perte de travail mécanique, au point de vue du bon emploi de la vapeur, bien que très utile au point de vue de l'économie de la vapeur; aussi doit-on considérer comme un des plus grands progrès apportés de nos jours à la construction de la machine à vapeur le perfectionnement de cet appareil pour lui faire régler des systèmes de détente variable, en proportion de la résistance à surmonter.

On fait ainsi, par les systèmes exposés à l'article DÉTENTE, varier la quantité de vapeur qui agit dans le cylindre, sans jamais altérer les conditions de production d'un bon travail de celle-ci, et au contraire en le faisant croître pour une même quantité de vapeur, quand la charge décroît au-dessous de la charge régulière de la machine.

Machines dont le piston est animé d'une grande vitesse. Nous avons supposé dans ce qui précède qu'il s'agit des machines à vapeur ordinaires, dans lesquelles le piston se meut assez lentement, avec une vitesse qui s'écarte peu de 1 mètre par seconde. Mais s'il s'agissait de machines dans lesquelles le piston a une vitesse plus considérable, des locomotives par exemple, le piston fuyant en quelque sorte devant la vapeur, la pression dans le cylindre serait nécessairement plus faible que dans le générateur, si cet effet n'était compensé par l'emploi des hautes pressions.

Au reste, ces machines, dans lesquelles la condition de vitesse domine toute autre, doivent être l'objet d'une étude spéciale, et les règles et formules qui conviennent aux machines fixes, et dans lesquelles les effets d'inertie de la vapeur sont tout à fait négligés, ne doivent leur être appliquées qu'avec de grandes précautions.

Leur caractère spécial et bien important, celui qui est la cause d'un rendement avantageux, c'est que l'inertie de la vapeur débouchant avec une grande vitesse dans le cylindre est utilisée à imprimer au piston la vitesse, et par suite transmettre le travail en partie par une action négligeable dans les machines à basse pression. C'est ainsi que peut s'expliquer le rendement élevé en travail, pour l'unité de chaleur, de locomotives marchant à grande vitesse. Elles sont dans ces circonstances des machines beaucoup plus parfaites que lorsqu'elles fonctionnent à des vitesses moindres.

C'est sur cette observation que sont fondées plusieurs nouvelles machines à vapeur à haute pression, dans lesquelles le piston se meut rapidement, et par suite peut, ainsi que sa tige et les parties du mécanisme solidaires avec lui, acquérir une force vive notable. Cet élément nouveau peut permettre d'obtenir avec de petites machines un travail considérable et des résultats égaux à ceux des machines à vapeur à haute pression, dans lesquelles le piston se meut lentement.

Plusieurs ingénieurs distingués, qui par la pratique des chemins de fer ont pu apprécier les grands résultats obtenus à l'aide des locomotives, pensent qu'une révolution imminente doit se faire dans l'art de la construction des machines fixes pour les rapprocher de celle des locomotives. Quand on pense que cette puissante machine effectue souvent un travail de 80 à 100 chevaux-vapeur, on est étonné du faible poids de son mécanisme lorsqu'on le compare à des machines fixes de même force.

Il y a là pour un constructeur un curieux système de machines fixes à essayer, et le moyen de construire à très bon marché, par l'économie du métal, des machines d'une très grande puissance, par suite de la

légèreté de la machine et du bâti, pour lequel les vibrations ne seraient pas à craindre, puisqu'on sait aujourd'hui appliquer aux volants des contre-poids qui les empêcheraient de naître.

Si la question peut paraître douteuse pour les machines fixes, il est un cas où l'emploi de semblables machines nous paraît tout à fait indiqué et ne saurait être longtemps différé, c'est pour l'emploi de l'hélice dans la navigation. On sait qu'avec les machines ordinaires on est obligé d'opérer la transmission du mouvement à l'aide de roues d'engrenage, tandis qu'avec des machines où le piston serait mû avec une grande vitesse, on pourrait faire tourner l'hélice par action directe, absolument par la même disposition que dans les locomotives. Cette disposition serait surtout précieuse pour établir des machines annexes dans les nouveaux transatlantiques que l'on veut construire, et dans lesquels on doit ajouter une hélice en sus du système de roues à aubes dont les résultats sont connus.

Espace nuisible. — Système Combes. La nécessité de laisser un certain intervalle notable entre les positions extrêmes du piston et les fonds du cylindre, pour que par le moindre défaut d'ajustement, par le moindre desserrage il n'y ait pas choc et rupture, contraint à laisser dans les machines un volume d'espace nuisible, qui dans les machines les mieux établies s'élève encore à $\frac{1}{18^e}$ ou $\frac{1}{20^e}$ du volume total engendré par le piston.

Cet espace nuit, d'une part, en faisant perdre le travail mécanique dû à la pression initiale et au volume de la vapeur qui le remplit, et, d'autre part, en ce qu'il rend impossible de porter fort loin la détente. Ainsi, quand il s'élève à $\frac{1}{10^e}$ du volume engendré par le piston, le volume final de la vapeur ne peut dépasser dix fois son volume primitif.

Dans la pratique, l'existence forcée de l'espace nuisible ne permet guère de laisser la vapeur se dilater au delà de douze fois son volume primitif dans les machines qui n'ont qu'un seul cylindre. On trouve peu d'avantage à trop se rapprocher de la limite possible, car on augmente proportionnellement au volume de vapeur employée la perte de travail due à la pression initiale de la vapeur, dont la plus grande partie est alors logée dans l'espace nuisible.

Les machines à deux cylindres se prêtent mieux à une détente très étendue que celles à un seul cylindre, non-seulement parce que l'effet du moteur y est moins inégal, mais encore parce que le rapport entre l'espace nuisible et le volume final qu'y occupe la vapeur est moindre que dans les machines à un seul cylindre. On peut même dans ces machines, par une ingénieuse disposition proposée par M. Combes, annuler l'influence nuisible de l'espace compris entre le piston arrivé à la limite de sa course et la soupape d'admission.

« Je suppose, dit M. Combes, auquel nous empruntons cette théorie, que l'espace nuisible du petit cylindre soit la fraction $\frac{1}{\mu}$ du volume engendré par la course complète du petit piston, et que la vapeur soit admise pendant la fraction $\frac{1}{m}$ de cette course. L'espace engendré par la course du petit piston étant pris pour unité, le volume occupé par la vapeur au moment où l'admission sera supprimée sera $\frac{1}{\mu}+\frac{1}{m}$, et le rapport entre la quantité de vapeur occupant l'espace nuisible et la vapeur totale, sera de $\frac{1}{\mu}$ à $\frac{1}{\mu}+\frac{1}{m}$ ou de m à $m+\mu$.

« Or, si l'on conçoit que pendant la course du piston en sens opposé, on ferme la communication entre l'extrémité du petit cylindre et l'extrémité opposée du grand, au moment où le volume compris entre le petit piston et la soupape placée dans le tuyau de communication, sera au volume total occupé par la vapeur dans les deux cylindres et le tuyau de communication dans le rapport de m à $m+\mu$, les deux pistons continuant à avancer, la vapeur enfermée dans le petit cylindre sera comprimée par le piston et réduite dans un espace de plus en plus rétréci, jusqu'à ce que le piston ayant accompli sa course rétrograde, elle n'occupe plus que le volume $\frac{1}{\mu}$. Durant cette compression, sa force élastique aura été en croissant, et il est clair qu'à la fin de la course du piston, lorsqu'elle sera confinée dans l'espace nuisible $\frac{1}{\mu}$, sa force élastique sera devenue égale à la force élastique initiale, puisqu'il y aura, d'après l'hypothèse, sous le même volume, précisément la même quantité de vapeur.

« Si les choses se passent ainsi, l'espace nuisible se trouve en fait annulé, et la vapeur affluente occupera simplement le volume $\frac{1}{m}$ comme si l'espace nuisible n'existait pas. »

Remarquons aussi que le travail nécessaire pour la compression de cette vapeur est restitué par la détente de celle-ci, qu'elle opère comme le ferait un ressort successivement bandé et détendu.

Cette théorie, due à M. Combes, nous paraît fort ingénieuse, et bien qu'elle n'ait pas encore été appliquée avec beaucoup de succès dans la pratique, nous croyons qu'elle procurera des résultats avantageux quand on emploiera des moyens simples pour la réaliser.

Comparaison des résultats du calcul avec ceux de l'observation. Toutes les remarques qui précèdent nous conduisent à ce résultat :

Puisque les formules que nous avons trouvées ne tiennent compte que du phénomène physique de la pression et de la détente de la vapeur d'eau, qu'il est très difficile d'évaluer plusieurs des résistances négligées, les formules ne deviennent applicables directement qu'autant qu'on fait subir aux résultats auxquels elles conduisent une correction en rapport avec les éléments négligés. M. Poncelet emploie à cet effet des coefficients qui ne peuvent être déterminés qu'autant qu'on connaîtra à l'aide d'expériences le travail utile réellement produit par chaque genre de machines. Celui-ci s'obtient à l'aide du frein de Prony.

Frein de Prony. Nous avons déjà décrit cet instrument. En l'adaptant à l'axe de rotation que la machine à vapeur fait tourner, il donnera la mesure exacte du travail utile que la machine est susceptible d'opérer. Les observations au frein étant malheureusement peu précises, à cause des mouvements et oscillations de l'appareil, les résultats ne peuvent être considérés que comme des approximations, ce qui est d'autant plus fâcheux que la méthode qui consiste à comprendre en bloc dans un coefficient plusieurs résistances de natures diverses, est déjà de sa nature fort imparfaite. Voyons à quoi conduit l'application de ce système, en prenant en grande considération les résultats obtenus dans la pratique des constructeurs.

1° *Machines de Watt* (à condensation, sans détente). Dans ces machines, on a, en général :

$$P = 1^{atm.},25 = 1^k,291 \quad T = 106^o,3. \quad T' = 35^o$$
$$P' = 0^{atm.},100.$$

La formule précédemment trouvée pour le travail produit par une calorie devient :

$$12,777 \frac{1-0,00368\,T}{6,6+0,305\,T-T'} \left(1-\frac{0,100}{1,250}\right) = 25,85^{km.}$$

On voit, ainsi que nous l'avons déjà dit, combien cette machine est défectueuse, puisque la calorie ne peut théoriquement produire que le quart de sa valeur réelle.

Pour ces machines, on peut admettre que le fourneau utilise moitié de la chaleur que peut produire le combustible. 1 kil. de houille pourrait donc produire $3,750 \times 25,85^{km.} = 96937^{km.}$

L'expérience des machines de Watt, ou de celles construites sans modifications importantes sur les modèles du célèbre constructeur, indique une consommation de 5 à 6 kil. de houille par force de cheval et par heure. C'est la condition à laquelle les constructeurs s'engagent de satisfaire par leurs traités. Le kil. de houille produit donc en pratique de $\frac{75 \times 60 \times 60}{5}$

$$= 54000^{km} \text{ à } \frac{75 \times 60 \times 60}{6} = 45000^{km}.$$

Le rapport de l'effet utile réel à celui indiqué par la formule est donc :

$$\text{Pour les machines en très bon état d'entretien} \ldots \left\{ \frac{54,000}{96,937} = 0,55; \right.$$

$$\text{En état ordinaire} \ldots \quad \frac{45,000}{96,937} = 0,46.$$

Les résultats des expériences au frein (voir *Leçons de mécanique* de M. Morin) confirment tout à fait ces valeurs pour des machines construites par d'habiles mécaniciens.

Une seule observation à faire est celle qui se rapporte aux grandes machines. Les frottements et résistances diverses ne croissent guère que comme le carré du rayon du piston, tandis que la quantité de vapeur croît comme le volume du cylindre, c'est-à-dire à peu près comme le cube de ce rayon. Il en résulte que le coefficient doit être augmenté pour les fortes machines. D'après des expériences de la Société industrielle de Mulhouse, pour des machines de 30 à 50 chevaux, il doit être porté à 0,60 pour un très bon état d'entretien, et à 0,54 pour un état ordinaire.

Machines à détente et condensation. Prenons quelques exemples dans la pratique pour appliquer les formules que nous avons indiquées, et déterminer les coefficients applicables dans la pratique.

Machines de Wolf. Nous empruntons les chiffres des données de l'exemple suivant à M. Morin :

$$P = 3^{atm},50 \quad P_1 = 0^{atm},875$$

$$\frac{P}{P_1} = 4 \quad \frac{P'}{P_1} = \frac{0,100}{0,875} = 0,11429 \quad T = 140^{\circ},6 \quad T' = 35.$$

La formule du travail pour une calorie devient :

$$12,777 \frac{1 + 0,00368 \times 140,6}{606 + 0,305 \times 140 - 35} \times$$

$$\left(1 + \text{log. hyp. } 4 \left(1 - \frac{1}{30}\right) - 0,114\right) = 66^{km},53,$$

et pour 1 kil. de houille, soit 3,750 calories (ce qui ne concerne que de bons fourneaux, car à des pressions et des températures élevées les pertes de chaleur sont plus grandes que pour les chaudières de Watt), on a 249,375 kil. mèt. Ces machines consomment, en général, 3 kil. de houille par force de cheval et par heure, c'est-à-dire produisent $\frac{75 \times 60 \times 60}{3} = 90,000^{km}.$ Le coefficient à appliquer aux résultats de la formule est 0,36.

Un semblable coefficient rend la théorie presque insignifiante, et ne peut s'expliquer que par une imperfection très grande dans les détails de la construction. Effectivement, dans ces dernières années, des résultats bien positifs permettent de le doubler hardiment pour des machines bien établies, dont les admissions et sorties de vapeur notamment sont convenablement réglées. Une machine à cylindres indépendants de MM. Legravier et Farinaux de Lille, et une machine de M. Farcot à détente considérable, comme la précédente, n'ont, dans des essais faits avec soin par M. Le Châtelier, ingénieur des mines, consommé que $1^{k},50$ par force de cheval. Ce même résultat a été depuis obtenu avec d'autres machines de même genre, notamment par une machine à longue détente et à enveloppe construite par M. Farcot, sur les plans de MM. Thomas et Laurens. Le coefficient 0,50 ou 0,60 applicable dans ce cas à la détermination théorique des effets de la vapeur est tout à fait dans les limites des applications de toutes les bonnes théories de la mécanique industrielle aux cas de la pratique.

Machines de Cornwall. Dans les machines de Cornwall les résultats obtenus sont depuis longtemps aussi avantageux que les précédents, et même un peu supérieurs, car certains expérimentateurs admettent une consommation de moins de un kil. de charbon par force de cheval et par heure; mais il est juste d'observer que les chaudières fort longues qui fournissent la vapeur à ces machines, permettent de vaporiser 6 à 8 kil. d'eau par kil. de vapeur, c'est-à-dire d'utiliser de 4,000 à 5,000 calories. Ce résultat est obtenu en dépouillant les produits de la combustion de la majeure partie de leur chaleur.

Ces machines, qui utilisent 0,60 environ du travail théorique de la vapeur obtenu par un calcul dans lequel on ne tient pas compte de beaucoup d'éléments de résistance, c'est-à-dire 0,70 à 0,75 peut-être du travail possible, d'après la nature de la machine, sont donc des machines beaucoup plus parfaites qu'on ne suppose généralement. Elles utilisent certainement 40 p. 100 de la valeur *théorique* du combustible (à quoi il faut ajouter ce qui est utilisé pour le tirage du fourneau), et s'il reste une marge importante pour de grands progrès, on voit cependant que l'œuvre accomplie est déjà bien considérable.

Machines à détente sans condensation. Pour ce genre de machines, qui comme nous l'avons vu sont théoriquement défectueuses, que l'on n'emploie qu'à cause de leur simplicité, des expériences nombreuses au frein ont montré à M. Morin que la formule de M. Poncelet était applicable, en en multipliant les résultats par le coefficient moyen 0,40, et on a vu que cette formule ne correspondait qu'à une fraction minime du travail utile théorique d'une calorie. Les calculs refaits avec la correction de détente que nous avons proposée montrent que le coefficient à adopter dans ce cas doit être 0,50 au moins, et même supérieur à ce chiffre si la machine est à longue détente et le cylindre muni d'une enveloppe.

Ces dernières machines retrouvent par la détente une partie des avantages que l'absence de condensation ne permet pas d'obtenir. De là la nécessité d'employer des pressions un peu élevées.

Quant à cette question des hautes pressions, les machines sont d'autant plus économiques que la détente y est poussée plus loin, et non que la vapeur y est employée à une pression plus élevée. Pour les machines à haute pression, comparées à celles à basse pression, leur avantage consiste surtout en ce que les cylindres, pistons, etc., etc., étant d'un faible diamètre, un travail égal est effectué par un moindre volume de vapeur, la machine devient beaucoup plus légère; en outre la détente peut être une fraction plus élevée de la pression initiale, sans que la puissance devienne moindre que la résistance; mais théo-

riquement, les deux systèmes peuvent développer le même travail.

Évaluation du travail à l'aide de l'indicateur de Watt.

La méthode que nous venons d'exposer a le grand inconvénient de s'appliquer de la même manière à toutes les machines; si les résultats obtenus sont exacts quant à leur moyenne, dans chaque cas particulier ils peuvent être erronés. C'est pour ce motif surtout qu'il était bien souhaitable de posséder une méthode d'investigation qui permît de reconnaître ce qu'il importe le plus de connaître et ce qui échappe complétement à la vue de l'observateur, le mode d'action de la vapeur dans le cylindre.

C'est ce résultat qu'on obtient à l'aide de l'indicateur de Watt, instrument dont nous avons déjà donné la description; à l'aide des tracés ou *diagrammes* qu'il fournit, on peut déduire le travail produit par la vapeur *sur la tige du piston*, c'est-à-dire plus grand que celui disponible sur l'arbre de rotation, du travail de toutes les résistances intérieures de la machine.

Nous avons vu que l'indicateur de Watt consistait en un tube qui se vissait sur le robinet à graisse du cylindre. Dans ce tube se meut un piston que la vapeur du cylindre fait monter en repoussant un ressort à boudin, et que ces mouvements correspondent à des pressions qui sont indiquées par la tare antérieurement faite de l'instrument. Le crayon adapté à la tige du piston se meut donc verticalement en raison de la pression de la vapeur.

Quant au cylindre sur lequel le papier est enroulé, il fait un tour par chaque oscillation du piston, entraîné par un cordon qui vient s'attacher au balancier, et qui s'enroule sur une poulie fixée sur l'axe du tambour, d'un diamètre différent de celui-ci quand il y a lieu, et tel que la course du piston fasse faire au tambour de l'indicateur un peu moins d'un tour complet. Un ressort spiral fait revenir le tambour à l'oscillation descendante, et il prend des vitesses proportionnelles a celles du piston.

Mesure du travail. Les diagrammes ou courbes tracées sur le papier, ayant des ordonnées proportionnelles à la pression de la vapeur et des abcisses proportionnelles au chemin parcouru par le piston, leur aire est proportionnelle au travail de la vapeur sous le piston, et la quadrature de cette aire en fournira la mesure.

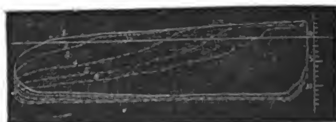
Ces courbes sont fermées et comprises entre deux lignes parallèles entre elles et perpendiculaires à la ligne des tensions nulles ou ligne atmosphérique que le crayon a tracée, lorsque le cylindre de l'indicateur était isolé du cylindre de la machine. Les ordonnées de la courbe comptées à partir de la ligne atmosphérique, indiquent à l'échelle de l'indicateur les excès de pression de la vapeur sur la pression athmosphérique, ou les excès de la pression atmosphérique sur celle de la vapeur contenue dans le cylindre, suivant que ces ordonnées sont en dessus ou en dessous de la ligne atmosphérique.

Le diagramme accuse donc les pressions de la vapeur sur la face supérieure du piston de la machine; si les pressions se succèdent de la même manière et dans le même ordre sur la face inférieure, et il doit en être à peu près ainsi dans une machine à double effet, la distribution de la vapeur se faisant symétriquement dans le haut et dans le bas du cylindre, on pourra admettre que la partie inférieure du diagramme donne les pressions qui ont lieu sur la face inférieure du piston pendant la course descendante; seulement, pour avoir les pressions qui ont lieu aux mêmes instants sur les deux faces, il faudra supposer que la courbe inférieure est retournée bout pour bout. La longueur d'une ordonnée, terminée de part et d'autre à la courbe, représenterait alors, à l'échelle de l'indicateur, la mesure de la différence des pressions sur les deux faces du piston, c'est-à-dire de la pression motrice. Comme d'ailleurs le retournement de la partie inférieure de la courbe ne modifie point l'aire renfermée dans son périmètre, on peut prendre pour mesure du travail moteur la surface du diagramme tel qu'il est donné par l'instrument.

Il est bon de remarquer que la tige du piston doit donner lieu à une correction. En effet, lorsque le piston descend, la vapeur n'agit pas sur la section occupée par la tige; lorsqu'il monte, au contraire, la vapeur fait remonter la tige du piston, au mouvement de laquelle s'oppose la pression atmosphérique qui avait agi inversement à la descente. On peut donc prendre pour travail moyen transmis au piston pendant une excursion simple $\left(S-\frac{s}{2}\right)A$, A étant l'aire du diagramme, S la surface totale du piston, *s* celle de la tige, la section du piston de l'indicateur étant l'unité.

Pour montrer la manière d'opérer avec l'indicateur, nous emprunterons à M. Morin un calcul qu'il donne relativement à l'un des anciens paquebots transatlantiques, *le Canada*, pour des courbes obtenues en faisant varier la détente, et qui mettent bien en évidence l'immense avantage que procure l'emploi de la détente pour l'économie de la vapeur, et par suite du combustible dépensé.

La fig. 14 *bis* montre les courbes obtenues avec 6 degrés de détentes différentes.



14 *bis*.

On fait la quadrature de ces courbes, soit à l'aide du planimètre (voyez MACHINES A CALCULER), soit en les décomposant en petits trapèzes, soit même en pesant le papier après avoir découpé avec des ciseaux l'aire inscrite dans la courbe. (Voyez DYNAMOMÈTRE.)

On savait que chaque division de l'instrument égale à 3 millimètres correspondant à une pression de $1^k,15$ sur le piston de l'indicateur, ou chaque millimètre de flexion du ressort a $0^k,3833$; que le piston de la machine avait $1^m,927$ de diamètre, et que sa surface était 8144,17 fois celle du petit piston de l'indicateur. La course du grand piston était de $2^m,3055$, et celle du piston de l'indicateur de $0^m,1795$ ou $179^{millim},5$; il faut donc multiplier la surface trouvée en millimètres carrés par :

$$0,3833\times8144,17\times\frac{2305,5}{179,5}=9079,8,$$

pour avoir le travail développé par la vapeur à chaque course simple du piston.

La courbe fournit d'ailleurs la valeur de l'excès de la pression moyenne pendant l'admission sur celle de l'atmosphère, et en y ajoutant cette dernière, la valeur de la pression dans le cylindre.

Enfin on peut relever à peu près, sinon tout à fait exactement, sur les courbes, la portion de la course du piston pendant laquelle la vapeur est admise, et déduire de ces données le poids de vapeur dépensé à chaque course pour le comparer au travail produit par cette même quantité de vapeur.

Quadrature de la courbe en millimètres carrés.	7,126	6,504	6,192	5,699	4,793	3,447
Travail développé par la vapeur par course. .	64,702km	59,052km	56,221km	51,747km	43,721km	31,298km
Pression moyenne pendant l'admission par centimètre carré.	1k,19	1k,20	1k,23	1k,25	1k,23	1k,20
Course du piston pendant l'admission.	1m,952	1m,676	1m,317	0m,927	0m,647	0m,321
Poids de vapeur dépensé par course.	5k,015	4k,307	3k,448	2k,474	1k,614	0k,825
Travail développé par kilogramme de vapeur.	12,902km	13,715km	16,307km	20,966km	27,019km	38,018km
Travail par calorie.	20	20	25	32	43	58

L'examen de ces résultats met en évidence les grands avantages que procure l'emploi de la détente pour l'économie du combustible; et les détails de calcul dans lesquels nous sommes entrés indiquent la marche à suivre pour déduire, des courbes de l'indicateur, le travail développé par la vapeur dans le cylindre.

C'est sur l'emploi de détentes prolongées, dont les avantages sont si évidents, que repose, comme nous l'avons déjà dit, le grand progrès qui se réalise de plus en plus chaque jour, surtout en y joignant les conditions de réchauffement qui sont essentielles pour que le résultat soit tout à fait satisfaisant.

Distribution de la vapeur. Le diagramme tracé par le crayon de l'indicateur ne donne pas seulement la mesure du travail moteur total transmis au piston d'une machine. Comme nous l'avons vu, il fait connaître les pressions successives qui se produisent pendant que l'espace dont ce piston forme la paroi mobile communique soit avec la chaudière, soit avec le condenseur; il met en évidence toutes les circonstances de la distribution de la vapeur et les vices qu'elle peut présenter. C'est cette étude qui a causé les plus grands progrès accomplis récemment dans l'emploi de la vapeur et dont nous avons parlé à l'article AVANCE DU TIROIR.

Aujourd'hui toutes les machines sont réglées de manière à fournir des diagrammes analogues à ceux représentés ci-dessus, c'est-à-dire de manière à ce qu'il y ait *avance à l'échappement* et *avance à l'admission*. En effet, on voit que la courbe supérieure s'infléchit assez brusquement, ce qui résulte de ce que la sortie de vapeur est ouverte avant la fin de la course, de ce qu'il y a avance à l'échappement.

D'une autre part, on voit la ligne inférieure qui indique la pression résistante, provenant du condenseur, se relever rapidement avant la fin de la course rétrograde; ce qui provient de ce que l'orifice d'admission est ouvert un peu avant que le piston ne soit parvenu au bout du cylindre et recommence une nouvelle course. Par suite de cette avance à l'admission, l'espace nuisible est rempli et le piston marche un instant à *contre-vapeur;* par suite l'inertie des pièces, dont le mouvement va changer de sens, ne produit aucun choc dans les articulations; enfin l'inertie de la vapeur, qui ne se met pas en mouvement instantanément, ne produit aucune résistance ou perte de pression.

Il résulte d'une réglementation convenable, économie de travail, moindre usure de la machine. Il est clair, toutefois, que l'avance à l'admission qui fait naître un travail résistant doit être renfermée dans des limites très-resserrées. L'examen des courbes tracées par l'indicateur montrera si on n'a pas dépassé le but. Il suffit en effet qu'à l'origine de la course la pression ait sensiblement la valeur normale qu'elle conserve pendant l'admission.

Eau entraînée avec la vapeur. Les courbes des diagrammes présentent très-souvent des irrégularités qui s'expliquent par une circonstance qui se renouvelle plus fréquemment qu'on n'eût pu le prévoir sans des observations directes sur le cylindre, nous voulons parler d'entraînement de l'eau à l'état vésiculaire par la vapeur.

On conçoit que lorsque la soupape d'admission est brusquement ouverte, au moment où le mouvement du piston va changer de sens, si surtout le volume de l'espace nuisible, précédemment en communication avec le condenseur, est un peu considérable, le vide produit en un point de la chaudière fait naître une ébullition tumultueuse, fait dégager une multitude de bulles qui entraînent mécaniquement une grande quantité d'eau à l'état vésiculaire. Cette eau, dont la quantité augmente lorsqu'on a mis dans la chaudière, comme on le fait quelquefois, des substances visqueuses, se dirige vers le cylindre. Si donc, en outre, le réservoir de vapeur, la proportion du volume occupé par la vapeur dans la chaudière au volume occupé par l'eau n'est pas considérable, il entre une proportion notable d'eau liquide dans le cylindre.

Cette eau, qui cause de fréquentes erreurs dans l'appréciation de la quantité d'eau vaporisée par la houille, qu'on suppose alors, à tort, égale à celle qui disparaît de la chaudière, vient en grande partie se condenser le long des parois du cylindre refroidi lorsqu'il a été en communication avec le condenseur.

Tant que le piston travaille à pression pleine, l'eau n'a aucune influence, mais lorsque la détente se produit, la pression diminuant, l'eau entraînée se vaporise en quantité d'autant plus grande que le cylindre est plus chaud, qu'il est garni d'une enveloppe lui fournissant une plus grande quantité de chaleur. Les pressions successives se trouvent alors bien supérieures à celles qui seraient fournies par la loi de Mariotte, jusqu'à ce que toute l'eau soit disparue.

C'est surtout par des proportions convenables de la chaudière, par la diminution de l'espace nuisible et la compression dans cet espace d'une petite quantité de vapeur, qu'on évite l'entraînement d'une quantité notable d'eau et le bouillonnement tumultueux qui lui donne naissance. Il y a évidemment avantage à l'éviter, puisque la vapeur à laquelle une partie de l'eau seulement donne naissance est condensée presque aussitôt que produite, avant d'avoir pu produire son effet

M. Farinaux a adapté à la machine dont nous avons déjà parlé un appareil qui, d'après M. Le Châtelier, dessèche parfaitement la vapeur, et est infiniment supérieur aux boules et cloches percées de trous qui laissent parfaitement passer le mélange de vapeur et d'eau.

Cet appareil se compose d'un cylindre de 0m,22 de diamètre sur 0m,80 de hauteur, dans lequel la vapeur arrive, vers le haut, par un tuyau qui se recourbe

MACHINE A VAPEUR.

verticalement pour descendre jusqu'à la partie inférieure; la vapeur est reprise par la partie supérieure des cylindres et conduite à la machine. Les gouttelettes d'eau entraînées, d'une plus grande densité que la vapeur, en sont séparées mécaniquement par leur projection du haut en bas et rentrent dans la chaudière, à la partie supérieure de laquelle est monté cet appareil, par un tuyau de retour d'eau, appliqué sur le fond inférieur du cylindre descendant dans l'eau de la chaudière.

Cet appareil, fort bien conçu, a produit d'excellents résultats, et son application à nombre de machines en augmenterait certainement le produit.

Refroidissement et échauffement du cylindre. L'étude des courbes indique encore très-bien l'existence de phénomènes que doivent entraîner l'échauffement et le refroidissement du cylindre que nous avons déjà décrits. Ainsi surtout, lorsque celui-ci n'est pas muni d'une enveloppe, il est considérablement refroidi par la détente de la vapeur à laquelle il cède sa chaleur. Si donc cette détente a été un peu notable, il arrivera que partie de la vapeur se condensera dans le cylindre refroidi, et que les pressions initiales seront inférieures à ce qu'elles devraient être sans cette cause. Le cylindre réchauffé par cette condensation restituera bientôt cette chaleur à l'eau déposée sur ses parois, qui se vaporisera de nouveau sous une pression plus faible que celle sous laquelle elle s'est condensée, la détente se prolongeant. Les pressions plus faibles que celles qui seraient indiquées par la loi de Mariotte au commencement de la détente seront donc plus fortes à la fin. C'est précisément ce que les courbes ont indiqué à M. Combes pour une machine à détente sans enveloppe, établie au Pecq.

MACHINES A VAPEURS COMBINÉES.

Une des tentatives les plus curieuses de perfectionnement de la machine à vapeur est celle qui a été tentée dans ces dernières années par M. du Tremblay. Sous le nom de Machine à éther, à chloroforme, à vapeurs combinées, il a établi un genre de machine à vapeur devant procurer une économie de moitié du combustible actuellement nécessaire avec la machine à vapeur actuelle, pour produire une même quantité de travail.

Disons d'abord en quoi consiste cette machine, nous emprunterons ensuite au prospectus de la société, qui exploite l'invention de M. du Tremblay, l'indication des résultats qu'on espère en obtenir.

Soit une machine à vapeur ordinaire dont le condenseur à eau est remplacé par un condenseur de Hall, c'est-à-dire formé d'une capacité fermée, traversée par un faisceau de nombreux tubes parallèles. Si dans ceux-ci se trouve un liquide pouvant se réduire en vapeur à une basse température, tel que l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, la chaleur de la vapeur étant absorbée par la chaleur latente de ce liquide qui se réduit en vapeur, la vapeur d'eau est condensée. Le condenseur devient une véritable chaudière de vapeur d'éther, de chloroforme, et cette vapeur, après avoir servi à faire marcher le piston d'une seconde machine, sera reçue dans un condenseur analogue au premier, sauf que ce sera à l'aide d'eau froide que la vapeur d'éther sera condensée. Par le jeu d'une pompe, le liquide sera ramené au premier condenseur et l'opération se continuera indéfiniment.

« La machine à vapeurs combinées, disent les inventeurs dans un de leurs prospectus, marche par l'action de deux vapeurs distinctes, dont l'une est produite par la condensation de l'autre, et a pour but l'économie du combustible. Ces deux vapeurs agissant isolément et sans jamais se mélanger, cette machine se compose nécessairement soit de deux cylindres accolés comme dans le système connu de Wolf, ou isolés comme dans la machine de MM. Clément-Desormes et Ce, soit de deux machines conjuguées comme celles dont on se sert pour la navigation. Dans l'un ou l'autre cas, l'un des pistons est mû par la vapeur d'eau, et le deuxième par la vapeur auxiliaire d'un liquide plus facilement vaporisable, bouillant à une température qui ne doit pas dépasser 72 degrés centigrades, et doit remplir certaines conditions que j'indiquerai plus bas. La vapeur d'eau est produite et employée comme dans les machines ordinaires à condensation; seulement, au lieu d'être envoyée à son échappement dans un condensateur à injection, elle est amenée dans une boîte parfaitement étanche, contenant un appareil appelé vaporisateur, lequel se compose d'un certain nombre de petits tubes métalliques remplis d'un liquide facilement vaporisable, tel que l'éther sulfurique, le chloroforme, le chlorure de carbone, etc. Cette vapeur remplit l'espace qui les divise, et entre en contact avec la totalité de leur surface. La faculté que possèdent les liquides de la nature ci-dessus d'absorber avec une extrême rapidité le calorique en passant en vapeur à une basse température, leur fait remplir vis-à-vis de la vapeur d'eau qui les environne le véritable office d'un condenseur. Ils lui enlèvent, à travers les surfaces qui les contiennent, le calorique latent et spécifique qui la fait subsister, et la réduisent à l'état liquide en passant eux-mêmes dans leurs propres réservoirs à l'état de vapeur sous une pression proportionnelle à la température de la vapeur chauffante. La vapeur d'eau ainsi condensée est retirée au moyen d'une pompe à air qui maintient le vide dans l'enveloppe du vaporisateur où elle se condense, et reportée sans mélange et parfaitement distillée comme alimentation à la chaudière d'eau. La vapeur du liquide qui a servi à condenser la vapeur d'eau est amenée sous le piston du deuxième cylindre, d'où, après avoir exercé sa force élastique, elle s'échappe dans un condensateur par contact qui la réduit à l'état liquide. Le résultat, ramené par le moyen d'une pompe au vaporisateur, lui sert d'alimentation constante et est alternativement vaporisé et condensé. On voit donc que dans ce système la vapeur d'eau agit d'une double manière : la première, comme moteur par sa force élastique; la seconde, comme chauffage d'un liquide produisant lui même par sa vaporisation une nouvelle force motrice, qui vient ajouter son travail à celui déjà produit de la vapeur d'eau.

« Les différentes épreuves qui ont été faites par des commissions nommées soit par le gouvernement, soit par l'industrie particulière, ont constaté que la deuxième vapeur produite par l'un des trois liquides ci-dessus nommés, par la condensation de la vapeur d'eau, était toujours en quantité et à pression au moins égales à celle-ci; d'où il résulte clairement ou une augmentation de force du double pour la même dépense, ou un bénéfice de plus de 50 p. 100 dans l'emploi du combustible pour une force donnée. On comprend aussi que l'économie annoncée étant le résultat de l'emploi nouveau de la chaleur de la vapeur d'eau, à l'instant même de sa condensation, qui passe dans un liquide plus facilement vaporisable dont elle développe la force expansive, on conçoit, dis je, que cette économie est indépendante des chaudières, fourneaux et divers systèmes plus ou moins parfaits de machines. Le liquide à employer doit bouillir au-dessous de 72 degrés centigrades, et plus son point d'ébullition sera peu élevé, plus son emploi sera avantageux; il ne doit pas se décomposer au-dessous de 110 à 120 degrés centigrades, ne contenir aucun acide capable de corroder les divers métaux qui composent la machine, et autant que possible ne donner lieu à aucuns mélanges inflammables ou explosibles. Jusqu'ici le chloroforme, dont l'application est due à M. Lafond, et le chlorure de carbone, employé pour la première fois à Londres par M. du Tremblay, remplis-

MACHINE A VAPEUR.

sent seuls toutes ces conditions; sauf la dernière, l'éther sulfurique leur est bien préférable, et sera avantageusement employé partout où l'on pourra aérer ou isoler les machines. Le prix de ces liquides, celui du chlorure de carbone surtout, est assez peu élevé (2 fr. 50 c. le litre)/ pour que la légère perte qu'on en fait ne puisse entrer en ligne de compte; cette perte, pour une machine de 25 chevaux travaillant douze heures par jour, a été justifiée, pendant dix-huit mois de marche, avoir été de trois quarts de litre par jour. Du reste, la chimie trouvera sans doute ou de nouveaux liquides, ou le moyen d'abaisser le prix de ceux qui sont actuellement en usage.

« Cette invention peut s'appliquer à peu de frais à toutes les machines existantes, à haute ou basse pression, avec ou sans détente, avec ou sans condensation, soit qu'on veuille en doubler la puissance sans augmenter la dépense du combustible ni changer les chaudières et foyers, soit qu'on préfère réduire ces derniers et la combustion de moitié en conservant la même puissance. »

Si nous étudions à l'aide des principes théoriques établis précédemment, la machine à vapeurs combinées, il nous sera facile d'établir la valeur d'une invention qui a, nous pensons, causé de fâcheuses illusions à quelques personnes qui n'en ont pas bien apprécié la portée.

Replaçons-nous au point de vue auquel nous nous sommes placés pour calculer le travail théorique qui peut être produit par l'unité de chaleur. Supposons qu'une certaine quantité de vapeur soit renfermée entre le fond d'un corps de pompe, d'un tube indéfini, et d'un piston. Si les résistances qui s'opposent au mouvement du piston vont sans cesse en décroissant, il avance continuellement, poussé par la vapeur. Pendant ce temps, la température de celle-ci baissera et une partie repassera à l'état liquide pour fournir la chaleur nécessaire à la détente, à l'augmentation de volume de l'autre partie.

Si cet effet est poussé très-loin, si le piston ne rencontre d'obstacle qu'une vapeur d'une très-faible tension, celle qui correspond à une température de 50 degrés, par exemple; après une extension de volume extrêmement considérable, que sera devenue la vapeur qui était d'abord à 200°, par exemple? Évidemment de l'eau et de la vapeur, cette dernière étant dans un état de dilatation extrême, ayant absorbé une quantité de chaleur latente très-grande pour occuper un volume extrêmement considérable. Si dans cette supposition, bien éloignée de la pratique, mais théoriquement possible, on met cette vapeur en contact avec un condenseur à éther, il ne pourra y avoir aucun effet produit, puisque la chaleur sensible de la vapeur d'eau sera peu élevée, inférieure à 72°, température d'ébullition de l'éther.

Si, au lieu d'atteindre cette limite extrême, la vapeur d'eau était seulement amenée à une température voisine de 72°, il serait impossible de pousser sa détente plus loin puisque la condensation n'a lieu qu'en raison de l'excédant de la température de la vapeur sur 72°.

Il nous semble que le raisonnement précédent fait bien apprécier la valeur de l'invention de M. du Tremblay; *elle permet d'utiliser partie de la chaleur qui n'est pas utilisée dans une machine à vapeur ordinaire;* si celle-ci est très-imparfaite, si elle est à haute pression et sans condensation, comme dans quelques cas où le nouveau système a paru réussir, la machine à éther produira un travail considérable et entièrement gagné.

Si, au contraire, la machine à vapeur est à détente et à condensation, si elle se rapproche, quant à l'effet utile, des machines de Cornwall donnant près de 50 p. 100 de l'effet utile du calorique, la machine à éther pourra encore théoriquement s'appliquer et donner une faible tension dans son cylindre, puisque la détente n'est pas ordinairement poussée aussi loin qu'il le faudrait pour que la vaporisation de l'éther n'eût plus lieu, mais assez cependant pour que la température se rapproche de cette limite. Alors eu égard aux résistances considérables du condenseur d'éther, à la multiplicité des pompes, aux résistances passives de tout genre du système, le travail consommé sera en général plus grand que le travail produit par une tension peu élevée. En un mot, avec une machine à vapeur amenée à un haut degré de perfection, la machine à éther sera alors inutile, quand elle ne sera pas nuisible.

MACHINES A AIR CHAUD.

La théorie des machines à vapeur que nous avons exposée est fondée sur des principes généraux applicables à toute machine à feu; c'est pour cela qu'elle s'applique, comme nous venons de le voir, aux machines à deux vapeurs, qu'elle doit par suite s'appliquer aux machines à air chaud, qui occupent aujourd'hui l'attention publique, et notamment à la machine calorique d'*Ericson*, qui est annoncée comme devant remplacer la machine à vapeur et marcher sans feu, suivant les uns; avec une économie de combustible de 80 p. 100, suivant les plus modérés.

En d'autres termes, cette machine doit réaliser le mouvement perpétuel, suivant les uns, et, suivant les autres, changer tous les rapports connus jusqu'ici de cause à effet entre la chaleur et le travail mécanique qu'elle peut produire. On voit que l'étude de cette question est fort intéressante, et qu'il importe à la cause du progrès véritable qu'on n'aille pas faire fausse route dans une direction où les lacunes de la théorie laisseraient croire à un grand progrès. Voyons d'abord en quoi consiste la machine Ericson, et pour cela nous emprunterons la description la moins insuffisante que nous trouvions dans les journaux américains :

« Cette machine, dit le *New-York Daily Tribune*, se compose de quatre cylindres. Deux, de 72 pouces de diamètre chacun, sont placés l'un à côté de l'autre et portent, chacun aussi, un cylindre beaucoup plus petit. Dans chaque cylindre court un piston qui le clôt hermétiquement. Les quatre pistons sont soudés deux à deux de façon à se mouvoir exactement ensemble dans chaque paire de cylindres superposés. Sous chaque cylindre inférieur on voit un fourneau, mais il n'en existe pas d'autres, comme il n'est besoin ni de chaudières, ni d'eau. Le cylindre inférieur, le plus grand, s'appelle le cylindre d'action (*working cylinder*), et l'autre cylindre alimentaire (*supply cylinder*. Quand le piston descend dans le cylindre alimentaire, des soupapes placées à son sommet s'ouvrent, et il se remplit d'air froid; quand au contraire il remonte, les soupapes se ferment, et l'air, qui ne peut plus s'échapper par le chemin qu'il a suivi pour entrer, passe par une autre série de soupapes dans un réservoir d'où il faut qu'il arrive au cylindre d'action pour forcer le piston à remonter. Lorsqu'il sort du réservoir pour remplir cette fonction, il traverse le régénérateur, appareil que nous décrirons tout à l'heure, où il est chauffé à environ 450 degrés Fahrenheit (215 degrés centigrades), et reçoit encore, en entrant dans le cylindre d'action, un supplément de calorique du feu qui est entretenu audessous de ce cylindre. Nous avons dit que le cylindre d'action a un diamètre plus grand que celui du cylindre alimentaire. Supposons par exemple que sa surface soit double, il en résultera que la quantité d'air froid fournie par le cylindre alimentaire ne remplira que la moitié de l'autre. Mais nous avons dit que pour y arriver il passait par un régénérateur, et nous admettons encore qu'en entrant dans le cylindre d'action il est chauffé à environ 480 degrés. Or, à cette température l'air atmosphérique double son volume. Donc la quantité d'air atmosphérique qui était contenue dans le cylindre alimentaire est devenue capable de remplir un

cylindre double de grandeur, et c'est avec cette propriété qu'il entre dans le cylindre d'action. Nous supposerons encore que la surface du piston de ce cylindre soit de 1,000 pouces carrés et celle du cylindre alimentaire de 500 pouces seulement; l'air pèse sur ce dernier avec une force de pression que nous estimerons à 11 livres par pouce carré, soit d'un poids total de 5,500 livres; mais, quand il est échauffé, le même air pèse sur la surface du piston inférieur avec une force égale par pouce carré, ou, en d'autres termes, comme il est double de volume, avec une force totale de 11,000 livres. Il y a donc production d'une force qui, après avoir soulevé le poids du piston supérieur, laisse un surplus de 5,500 livres si nous ne tenons pas compte des frottements. Cette différence, ce surplus, représente la force d'action de la machine, et l'on comprendra facilement qu'après un premier coup de piston elle pourra continuer à fonctionner aussi longtemps qu'on fournira au cylindre d'action une chaleur suffisante pour dilater l'air à la proportion voulue, car aussi longtemps que les proportions ne sont pas dérangées entre les surfaces des deux pistons, et qu'on peut faire peser sur chacun d'eux une force égale par pouce carré, aussi longtemps le piston du plus grand cylindre fera mouvoir celui du plus petit, de même qu'un poids de deux livres placé dans le plateau d'une balance fait monter l'autre plateau, si l'on n'y a mis qu'un poids d'une livre. Tel est au fond le mode d'action de la machine calorique.

« La partie la plus curieuse de cette machine, c'est l'appareil appelé régénérateur par M. Ericson. On sait que dans la machine à vapeur la puissance résulte de la chaleur depensée pour produire la vapeur dans les cylindres, et que cette vapeur est anéantie par la condensation aussitôt après avoir agi sur le piston. Or si, au lieu de se perdre ainsi, le calorique employé à produire la vapeur pouvait être renvoyé aux fourneaux et utilisé de nouveau à chauffer les chaudières, il ne serait plus besoin, une fois la pression obtenue, que de très peu de combustible, juste ce qu'il en faudrait pour remplacer le calorique perdu par le rayonnement (1). Eh bien, c'est cette condition de retour et de l'emploi presque indéfini du calorique que le régénérateur est destiné à accomplir. Il se compose d'une série de disques en toile métallique, placés l'un à côté de l'autre sur une épaisseur d'environ un pied. L'air est dirigé à travers les innombrables conduits formés par les intersections de tous les fils qui composent les disques avant d'arriver au cylindre d'action. Dans ce passage il est divisé en molécules si petites, qu'elles entrent toutes en contact avec le métal qui forme le tissu des disques. Supposons en outre, comme d'ailleurs il arrive dans la réalité, que l'extrémité du régénérateur qui touche au cylindre d'action est chauffée à une température élevée : avant d'entrer dans le cylindre, l'air traverse cette substance échauffée, et dans ce passage il prend, comme le thermomètre l'accuse, environ 450 degrés de calorique sur les 480 qui sont nécessaires pour doubler son volume par la dilatation. Les 30 degrés qui manquent sont fournis par le feu que l'on entretient sous le cylindre. L'air est dilaté, il force le piston à monter; puis, quand ce résultat est obtenu, des soupapes s'ouvrent, l'air emprisonné et chauffé à 480 degrés sort du cylindre et passe dans le régénérateur qu'il doit traverser avant d'abandonner la machine. Nous avons dit que l'extrémité de l'appareil voisine du cylindre est chauffée à une certaine température; il faut ajouter que l'autre extrémité reste froide sous l'action de l'air que lui envoie dans cette direction chaque coup de piston du cylindre alimentaire. D'un autre côté, à mesure que l'air qui arrive du cylindre d'action traverse le régénérateur, les fils du tissu métallique absorbent si énergiquement son calorique, qu'il en a été presque complétement privé, à 30 degrés près, lorsqu'il abandonne le régénérateur. En d'autres termes, l'air, avant d'entrer dans le cylindre d'action, reçoit du régénérateur une somme de calorique d'environ 450 degrés, et il ne sort du cylindre que pour aller restituer au régénérateur le calorique qu'il lui avait emprunté, et cela indéfiniment, les feux entretenus sous les cylindres n'étant appelés qu'à fournir les 30 degrés dont nous avons parlé, qu'à remplacer les pertes produites par le rayonnement.

« Le régénérateur attaché à la machine de 60 chevaux, que nous avons étudiée en détail, mesure à l'intérieur 26 pouces de haut sur autant de large. Chacun des disques métalliques qui le composent représente une surface de 676 pouces, et son tissu métallique contient 10 mailles par pouce. Chaque pouce superficiel contient donc 100 mailles qui, multipliées par 676, donnent un total de 67,000 mailles par chaque disque, et comme ils sont au nombre de 200, il il s'ensuit que le régénérateur contient 13 millions 520,000 mailles ; et comme il existe autant de petits espaces entre les disques qu'il y a de mailles, le nombre des cellules à travers lesquelles l'air se distribue est de plus de 27 millions. Par suite encore, il est évident que chacune des molécules dont se compose le volume de l'air est mise, lorsqu'elle traverse le régénérateur, en contact immédiat avec une surface métallique qui le chauffe et le refroidit alternativement. L'étendue de cette surface, quand on essaie de la calculer, surprend l'imagination. La longueur du fil employé dans chaque disque est de 3,140 pieds, et par conséquent, dans le régénérateur tout entier, de 228,000 pieds, soit 41 milles et demi; il pourrait recouvrir une surface égale à celle de quatre chaudières de 40 pieds de long sur 4 pieds de diamètre; et cependant le régénérateur, qui présente cette vaste surface à la production du calorique, n'est qu'un solide de 2 pieds cubes, moins qu'un 19/120e de la masse de ces quatre chaudières.

« Ce merveilleux moyen de produire et de reprendre le calorique constitue une des découvertes les plus remarquables qui aient été faites dans les sciences physiques. L'auteur avait depuis longtemps reconnu, et c'est la base sur laquelle se fonde la propriété la plus extraordinaire de la machine calorique, que l'air atmosphérique et les autres gaz permanents peuvent, en traversant une distance de 6 pouces seulement, et dans l'intervalle d'un cinquantième de seconde, acquérir ou perdre une température de plus de 400 degrés. Il a le premier découvert cette merveilleuse propriété du calorique, sans laquelle l'air atmosphérique ne pouvait pas être employé comme puissance motrice. Cela se comprend aisément. A moins d'être dilaté par la chaleur, l'air ne peut exercer aucune action sur le piston; et s'il fallait beaucoup de temps pour obtenir cette dilatation, le mouvement du piston en serait rendu si lent, qu'il serait impossible d'en tirer parti. Mais le capitaine Ericson a démontré que la chaleur peut se communiquer à l'air atmosphérique et la dilatation s'obtenir avec une rapidité presque électrique, et qu'il est par conséquent éminemment capable d'imprimer la plus grande rapidité à toute espèce de machine. »

Cette description, fort insuffisante pour faire comprendre le jeu exact de cette machine, ne nous donne aucun renseignement qui nous permette d'en apprécier la valeur. Nous ne savons pas surtout quel est le travail produit par unité de chaleur. La théorie seule peut donc nous éclairer sur la valeur possible de cette machine, en supposant levées toutes les difficultés de détail que l'inventeur a sûrement attaquées avec un grand talent.

Nous reportant à l'article CALORIE, nous dirons d'abord que le but que l'on veut atteindre est chimérique,

(1) On voit qu'il s'agit ici du mouvement perpétuel.

puisque nous avons vu que le maximum théorique du travail engendré par une calorie ne pouvait dépasser 111 kil. met. C'est même sur l'air échauffé que nous avons raisonné pour évaluer tout le travail possible. Donc, à moins d'erreur, il est impossible de dépasser la limite que nous avons fixée.

Qu'est-ce que la consommation de chaleur? — Peut on reprendre la chaleur qui a servi à produire un travail mécanique?

Mais peut-être diront les admirateurs du nouveau, vous raisonnez juste quand vous admettez que le passage de la chaleur d'un corps chaud à un corps froid peut être assimilé à une consommation de chaleur. Or, la chaleur existe toujours dans le corps qui a fonctionné dans la machine; si donc, et c'est là la grande découverte annoncée, vous la reprenez à la sortie du corps de pompe, votre théorie est en défaut.

Pour rétablir les vrais principes, que la crainte du mouvement perpétuel commence à faire apprécier, établissons en quoi consiste le mode d'action de la chaleur pour produire un travail, et voyons si on peut retrouver celle qui a été employée par un appareil quelque ingénieuse qu'en soit la disposition.

Si l'on chauffe le gaz renfermé dans un corps de pompe, fermé par un piston, il en résultera un accroissement de pression qui forcera le piston à s'avancer, et la chaleur servant à échauffer le gaz aura deux effets, l'un d'accroître sa *chaleur sensible*, l'autre d'accroître sa quantité de *chaleur latente* en raison de l'accroissement de volume. Si l'on cesse d'échauffer le gaz et qu'il continue à se détendre, sa chaleur sensible diminuera; sa température s'abaissera. (C'est là une des lois les plus certaines de la physique, rappelons la production de la glace sur le plateau de la machine pneumatique, et mille autres expériences.)

Si donc on laisse prolonger cette détente, l'excès de pression sera bientôt nul, mais l'excès de température sera nul également. On aura utilisé tout le travail que le gaz pouvait produire, mais il n'y aura plus de gaz échauffé, de gaz pouvant céder de la chaleur à un corps à la température de l'air ambiant.

Quelle chaleur y avait il alors à reprendre? aucune. Sans doute en n'utilisant pas toute la chaleur on pourrait en retrouver une partie, mais il est clair que celle qui aura produit un travail, un écartement des molécules, ne sera plus sensible.

Insistons sur ce point. Lorsqu'on chauffe un gaz, la quantité de chaleur nécessaire pour élever sa température de 1 degré est différente suivant qu'il est soumis à une pression constante ou qu'il reste sous le même volume. La quantité de chaleur nécessaire dans le second cas, pour élever la température du gaz de 1 degré, ce qu'on appelle la chaleur spécifique à volume constant, est moindre (de 1/3 pour les gaz simples) que la chaleur spécifique à pression constante. La différence est la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer le gaz qui augmente de volume, pour conserver pendant ce temps son élévation de température; c'est la quantité de chaleur qui correspond au travail du gaz qui change de volume (indépendamment de toute détente); or, cette partie ne se retrouvera pas, car nous ne pensons pas qu'on veuille comprimer le gaz pour la retrouver, c'est-à-dire consommer une quantité de travail précisément égale à celle produite. Ce moyen serait le seul, car le contact avec des parties à la température primitive, sans changement de pression, ne permet de retirer de l'air que la chaleur sensible qui n'a pas été absorbée, rendue latente tant par le changement de volume pendant l'échauffement que par la détente, après que celui ci a cessé.

Ainsi donc nous pouvons établir en principe, soit qu'on emploie l'action directe de l'air échauffé à température constante, soit qu'on emploie la détente, et par suite qu'on le refroidisse, l'air ne peut être employé dans une machine sans *consommer*, *rendre latente* une quantité de chaleur proportionnelle au travail mécanique produit, et ce dernier ne saurait dépasser, quel que soit le système employé, le chiffre du travail théorique. La consommation, loin d'être nulle, serait donc considérable pour un grand travail mécanique.

Quant à l'idée de retrouver toute la chaleur elle est fausse de tout point, à moins toutefois que la machine ne soit tellement combinée qu'elle ne produise aucun travail. En tous cas, la seule partie de la chaleur que l'on retrouve est celle qui n'a pas produit de travail, et nous avons bien raisonné quand nous avons établi à l'article CALORIE la correspondance exacte entre le travail produit et la consommation proportionnelle de chaleur, la quantité de chaleur rendue latente.

De la machine à vapeur comparée à la machine à air.

C'est en comparant la machine à air chaud à la machine à vapeur, que la valeur exacte de la première sera facilement appréciée. D'après les principes que nous avons établis, il est évident qu'elle peut parfaitement lutter avec les machines à air chaud, à moins que les modifications de l'état moléculaire ne fassent naître des pertes très considérables.

Mais avant d'étudier comment les choses se passent, voyons ce qu'a de fondé l'opinion d'un savant académicien, qui pense que la machine à vapeur perd les 19/20e du travail que la chaleur peut produire.

Quoi! c'est à un semblable résultat que seraient parvenus les travaux de tant d'inventeurs, d'ingénieurs distingués? La chose est peu admissible à priori, et les résultats de la théorie indiquée ci-dessus paraissent bien plus probables.

Si la valeur théorique du travail mécanique qu'il est possible de produire par une unité de chaleur est inférieure à 110 kil., si le principe établi dans l'article CALORIE est incontestable, le travail de 1 kil. de houille ou de 7,500 calories sera inférieur à 825,000 kil. Or, la condition essentielle de tout chauffage étant un tirage par l'air chaud qui exige une certaine quantité de travail, et la nécessité de faire face au refroidissement par rayonnement de tout l'appareil ne pouvant être évitée, on ne peut évaluer le travail mécanique possible à plus de 6 ou 700,000 kil. mét.

Maintenant si nous étudions les machines les plus parfaites, nous verrons que celles de Cornouailles brûlent moins de 1 kil. de houille par cheval et par heure, ou pour produire 300,000 kil. mét., c'est-à-dire qu'elles rendent un travail utile de 45 a 50 p. 100, indépendamment du tirage du fourneau, véritable travail mécanique. Les machines les plus parfaites de l'industrie brûlent 1^k,50, c'est-à-dire donnent 30 p. 100 du travail utile. Nous voici bien loin du vingtième utilisé.

Sans doute bien des machines, celles des bateaux à vapeur notamment, donnent des résultats moins satisfaisants, mais qu'en doit-on conclure? n'est-ce pas qu'il importe de perfectionner ces dernières en analysant les conditions de bon travail des premières. Ce résultat n'est-il pas bien plus certain, plus facile à atteindre que de chercher à construire des machines sur de nouveaux principes?

Revenons au mode d'opérer de la vapeur dans la machine à vapeur, et surtout examinons le point par lequel elle diffère de la machine à air chaud, les changements d'état moléculaire. Ce qui la rend d'abord différente de toute machine qui fonctionne à l'aide de gaz, d'air, c'est qu'on injecte de l'eau dans la chaudière pour la chauffer. Cette différence, loin d'être une infériorité, est au contraire la cause de la supériorité incontestable de la machine à vapeur, ce qui la rend inattaquable. Qu'est-ce en effet que l'eau dans ce cas? n'est-ce pas du gaz liquéfié dont on dispose, au lieu

d'un gaz ayant un volume considérable? n'est-ce pas un élément admirable que celui d'un liquide qui permet par l'injection d'un volume de produire 1,700 volumes à la pression d'un atmosphère? Sans doute la quantité de chaleur qui est nécessaire pour obtenir ce résultat est importante, mais elle produit un travail considérable et précisément proportionnel à cette quantité de chaleur. Ce travail est dû à l'action directe de la vapeur affluent de la chaudière et à la détente prolongée de cette vapeur, détente possible grâce au vide produit par le condenseur, second changement d'état moléculaire qui produit une non-pression sur la face du piston opposée à celle sur laquelle agit la vapeur.

Arrêtons-nous un peu sur le condenseur séparé, cette belle invention de Watt, qu'on a bien maltraitée dans ces derniers temps. On a beaucoup parlé des flots de chaleur qu'entraînait l'eau qui sert à la condensation; mais si on veut laisser de côté la question pratique, qui force à limiter la quantité d'eau employée, et par suite à élever sa température, on admettra que celle-ci doit être peu élevée. Or, dans ce cas, la chaleur est bien incorporée à l'eau, mais le vide est presque absolu dans le condenseur. La chaleur a bien été dépensée, mais elle a été entièrement utilisée à faire le vide et à rendre possible le travail de la détente jusqu'à une pression presque nulle, or celle-ci peut produire un travail triple ou quadruple de celui de l'action directe.

C'est là un résultat immense qu'il n'est pas possible d'obtenir avec une machine à air; la chaleur qui a écarté les molécules ne peut plus servir dans la machine. C'est là, pour la machine à vapeur, un second point de supériorité théorique incontestable qui facilite singulièrement l'utilisation de la chaleur à l'aide de la vapeur, et qui n'appartient à la vapeur que parce qu'en la condensant on agit aussi bien sur la chaleur latente que sur la chaleur sensible, ce que ne peut produire pour l'air aucun régénérateur métallique, qui ne peut agir que sur la chaleur sensible. Remarquons en passant que cette propriété permet d'utiliser la vapeur qui a produit un travail mécanique à échauffer l'eau pour des opérations industrielles, propriété dont la pratique fait un fréquent usage aujourd'hui.

Ainsi l'effet capital du condenseur est de permettre une détente prolongée, détente à laquelle s'oppose seulement le vide imparfait du condenseur, c'est-à-dire tout le travail que cette détente peut produire.

Sans doute que dans la pratique, surtout lorsque le détente est peu considérable, il y a une certaine quantité de chaleur sensible qui se trouve consommée inutilement par la condensation, mais il faut remarquer que cette quantité de chaleur est insignifiante auprès de la chaleur latente.

En effet, d'après M. Régnault, la quantité de chaleur d'un kil. de vapeur saturée à T° est :

$$606,5 + 0,305\,T,$$

606,5 étant la chaleur qu'un kil. de vapeur à 0° abandonne pour passer de l'état d'eau à zéro.

Cette quantité est toujours très grande relativement à celle 0,305 T, au point de départ, et pour de la vapeur saturée. Or, en se détendant, la quantité de chaleur latente croit rapidement. Ainsi si on applique à la vapeur les déterminations obtenues pour l'air, on sait que pour une dilatation de 1/116e l'air baisse de 1°, ce qui pour la vapeur répondrait à 0,84 de calorie, d'après Delaroche et Bérard. Par suite, pour un doublement de volume, il y aurait $116 \times 0,84 = 97$ calories, qui passeraient à l'état latent.

Quoi qu'il en soit de la précision de ces chiffres, il est évident qu'une détente un peu prolongée convertit rapidement une grande partie de la chaleur sensible en chaleur latente, et que la perte qui peut se produire dans le condenseur (qu'il y aurait peut-être lieu à chercher à diminuer) est minime à côté de l'avantage de faire le vide par l'absorption de la chaleur latente de la vapeur.

Or cette faculté d'être condensée, propre seulement aux vapeurs et nullement aux gaz, en rendant possible les détentes qui égalent les chiffres du travail avec celui qu'on peut obtenir théoriquement des gaz, ce moyen de produire le vide sur une des faces du piston, ne coûte pratiquement, lorsque la détente est suffisamment prolongée, que la consommation d'une quantité de chaleur sensible peu importante, et est par suite, comme nous l'avons dit ci-dessus, un élément très important de supériorité pour les vapeurs comparées aux gaz chauffés. Théoriquement, en supposant des détentes indéfinies dans les deux cas, les résultats seraient les mêmes, mais la condensation permet pratiquement d'utiliser très simplement toute la chaleur par l'emploi de la détente dans des limites fort étendues. En effet, il ne faut pas oublier que les phénomènes se passent dans l'air, et par suite la production du vide, en faisant naître une *non-pression* d'une atmosphère, agit absolument comme si elle donnait une atmosphère de pression effective dans toute l'étendue de la course du piston; mais surtout c'est par le fait du condenseur que la détente peut être poussée très loin, de 1 ou 2 atmosphères à 1 ou 2 dixièmes d'atmosphère par exemple.

Rendons ce résultat sensible par une approximation : soit de la chaleur employée à produire de la vapeur à une atmosphère, on aura pour $606 + 0,305\,T = 636$ calories employées à échauffer 1 kil. d'eau, qui produit 1m,70 de vapeur à une atmosphère, d'où résultera un travail égal à $1,70 \times 10330 = 17561$ kil. mèt. par action directe.

Si maintenant on utilise la détente, et si l'on admet les approximations qui nous ont servi à établir que la loi de Mariotte, admise comme base du calcul du travail, doit être appliquée pour quinze volumes pour produire tout le travail possible, le travail total sera le chiffre précédent multiplié par 3,80 (voir le tableau du travail de la détente donné précédemment), ou $17561 \times 3,80 = 66731$ kil. mèt. pour 636 calories ou 105 kil. mèt. par calorie; c'est-à-dire sensiblement le travail théorique que peut produire l'unité de chaleur.

En résumé, la vapeur diffère de l'air échauffé par les changements de l'état moléculaire dans la chaudière et dans le condenseur. Ces deux différences répondent aux deux systèmes de disposition possible pour établir des machines à air chaud.

Premier cas. — Machine à air suréchauffé dans un réservoir; le travail pour introduire l'air dans le réservoir est une fraction très considérable, une moitié, un tiers, etc , du travail *utile* produit, à cause du grand volume de l'air. — Machine défectueuse et qui ne peut lutter avec une machine pour l'alimentation de laquelle on possède du gaz liquéfié.

Deuxième cas. — Introduction sans pression comme dans la machine d'Ericson, au moins d'après certaines descriptions. — Pression obtenue après l'échauffement peu considérable, peu différente de celle de l'atmosphère, pas de détente sensible. — Infériorité encore par suite de l'absence d'un condenseur, par l'impossibilité de produire un grand travail avec un poids limité de vapeur.

Conclusion.

Si nous avons bien raisonné, on conclura avec nous :

1° Qu'il est parfaitement admissible que par d'ingénieuses combinaisons telles que celles de son régénérateur en toiles métalliques, qui lui permet de reprendre à l'air sortant de la machine, la chaleur non utilisée, Ericson soit parvenu à construire une machine à air chaud qui puisse fonctionner;

2° Que lui ou ses émules pourront peut-être con-

struire des machines de ce genre qui donneront des résultats assez voisins de ceux obtenus de la machine à vapeur ordinaire; mais que jamais ils n'emploieront deux fois la chaleur qui, ayant produit un travail en engendrant un écartement de molécules, cesse d'être sensible;

3° Que la machine à vapeur possède théoriquement toutes les conditions de maximum du travail aussi bien que la machine à air chaud, et que pratiquement elle offre des avantages immenses de simplicité. Ces avantages résultent surtout de l'alimentation avec de l'eau liquide et de la facilité de la condensation de la vapeur;

4° Qu'il n'y a par suite rien à tenter dans la voie des machines à air chaud; que c'est au perfectionnement de la machine à vapeur que les inventeurs et constructeurs doivent continuer à apporter tous leurs soins. CH. LABOULAYE.

MACHINE A VAPEUR (CONSTRUCTION). Toute machine est formée de *parties* qui remplissent isolément l'une des fonctions dont l'ensemble constitue le travail propre de l'appareil auquel elles appartiennent. Ces parties sont formées d'éléments appelés pièces des machines.

Composer une *machine*, c'est *disposer* convenablement les différentes parties de cette machine, préalablement composées. Composer une *partie*, c'est *disposer* convenablement les différentes pièces de cette partie, préalablement composées. Composer une *pièce*, c'est déterminer les *formes* et *dimensions* de cette pièce d'après le genre de travail qu'elle doit effectuer et les résistances qu'elle doit vaincre.

La composition d'une machine comprend donc les trois opérations fondamentales suivantes : 1° Composition des pièces; 2° composition des parties; 3° composition de la machine.

C'est suivant cet ordre naturel que nous allons procéder en ce qui concerne les machines à vapeur.

LIVRE PREMIER.

Composition des pièces des machines à vapeur.

Une réunion de pièces disposées de manière à effectuer un travail déterminé, soit comme appareil complet, soit comme partie d'appareil, peut se partager en deux groupes distincts, savoir : Premier groupe, pièces d'usage général; deuxième groupe, pièces d'usage spécial.

Les premières, qui se retrouvent dans toutes les machines pour des fonctions analogues à remplir, sont déterminées de formes et dimensions d'après la nature et l'importance du travail qui est propre à chacune d'elles.

Les secondes, qui n'existent que dans le genre d'appareil où on les rencontre, sont déterminées de formes et dimensions d'après la composition même dudit appareil.

Il résulte de là que : 1° la composition des pièces d'usage général découle naturellement de la composition générale des machines; 2° la composition des pièces spéciales découle nécessairement de la composition spéciale des machines à vapeur.

CHAPITRE Ier. PIÈCES EMPLOYÉES GÉNÉRALEMENT DANS LES MACHINES.

Titre Ier. — Composition générale des machines.

SECTION Ire. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

Toute machine qui fonctionne est un ensemble de pièces, intimement liées entre elles, dont les unes sont fixes, les autres mobiles dans différents sens. On peut donc dire que les caractères généraux des machines sont :

1° Ensemble de pièces fixes et de pièces mobiles;
2° Variété de mouvements des pièces mobiles.

Examinons d'abord ce dernier.

§ Ier. *Mouvements.* — En théorie, on considère deux espèces de mouvements, savoir :

Le mouvement rectiligne;
Le mouvement curviligne.

Le mouvement curviligne se divise en deux autres, savoir :

Le mouvement curviligne dans un même plan;
Le mouvement curviligne dans l'espace.

En pratique, on considère également deux espèces de mouvements, savoir :

Le mouvement rectiligne;
Le mouvement circulaire;

Parmi lesquels le mouvement circulaire n'est qu'un cas particulier du mouvement curviligne dans un même plan.

Ces mouvements sont continus ou alternatifs; de là quatre espèces de mouvements propres aux pièces des machines, savoir :

1° Mouvement rectiligne continu;
2° — — alternatif;
3° Mouvement circulaire continu;
4° — — alternatif.

On appelle transformation de mouvement toute combinaison de pièces établissant la communication entre deux pièces douées de mouvements différents; on en considère seize, savoir :

Transformation des mouvements :

1° Rectiligne continu;	en	1° Rectiligne continu;
2° Rectiligne alternatif;		2° Rectiligne alternatif;
3° Circulaire continu;		3° Circulaire continu;
4° Circulaire alternatif,		4° Circulaire alternatif;

§ II. *Union des pièces.* — Quelles que soient les formes et dimensions des pièces des machines, on ne connaît guère, en pratique, que trois sections pour les points de ces pièces, où elles se réunissent, savoir :

La section rectangulaire;
La section carrée;
La section circulaire.

La réunion de deux pièces se nomme assemblage. Comme celui des sections, le nombre des assemblages admis en pratique, eu égard à la position des pièces à réunir, est infiniment restreint, puisqu'il se compose de deux seulement, savoir :

L'assemblage bout à bout;
L'assemblage d'équerre.

Le premier, s'employant toutes les fois que l'on veut réunir deux pièces situées sur le prolongement l'une de l'autre; et le second, toutes les fois que les pièces à réunir sont perpendiculaires entre elles.

De là, douze combinaisons d'assemblages, suivant les sections et les directions des pièces à réunir, savoir :

Assemblage bout à bout d'une pièce à section rectangulaire avec une autre à section :

1° Rectangulaire;
2° Carrée;
3° Circulaire.

Assemblage bout à bout d'une pièce à section carrée avec une autre à section :

4° Carrée;
5° Circulaire.

Assemblage bout à bout d'une pièce à section circulaire avec une autre à section :

6° Circulaire.

Assemblage d'*équerre* d'une pièce à section *rectangulaire* avec une autre à section :

7° Rectangulaire;
8° Carrée;
9° Circulaire.

Assemblage d'*équerre* d'une pièce à section *carrée* avec une autre à section :

10° Carrée;
11° Circulaire.

Assemblage d'*équerre* d'une pièce à section *circulaire* avec une autre à section :
12° Circulaire.

SECTION II. — TRANSFORMATION DU MOUVEMENT.

Cette question est traitée en détail à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, et nous voyons que les transformations s'obtiennent à l'aide des organes suivants :
Poulies. — Roues dentées. — Bielle. — Manivelle. — Vis. — Excentrique. — Articulations.

SECTION III. — ASSEMBLAGES.

Ils varient suivant l'état naturel des pièces.
Nous avons considéré deux états de pièces dans une machine, savoir :
Le repos et le mouvement.
Il peut donc se présenter les trois cas suivants d'assemblage, savoir :
1° Assemblage de deux pièces fixes entre elles ;
2° Assemblage d'une pièce fixe avec une pièce mobile ;
3° Assemblage de deux pièces mobiles.

I. Assemblage de deux pièces fixes.

§ 1er. *Assemblage bout à bout.* — 1° Sections rectangulaires. La section rectangulaire constitue la série des pièces que l'on nomme plates, telles que tôles, brides, plaques.
L'assemblage de ces pièces se fait de la manière suivante :
On superpose en quantité suffisante les extrémités à assembler, puis on les perce de trous dans lesquels ou passe, soit des rivets, soit des boulons. Pour assembler au moyen des rivets, on aplatit la queue du rivet; pour assembler au moyen des boulons, on serre un écrou.
2° Section rectangulaire et section carrée. Dans ce cas, on modifie la forme de l'une des deux sections, et l'assemblage est le même que quand deux pièces sont rectangulaires ou carrées.
3° Section rectangulaire et section circulaire. La même observation que ci-dessus a lieu ;
4° Sections carrées. Si les pièces sont exposées à un effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait à traits de Jupiter, comme en charpenterie, avec manchon par dessus. Si les pièces ne sont pas exposées à un effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait au moyen d'un manchon seulement ;
5° Section carrée et section circulaire. Dans ce cas, on ramène l'assemblage à celui de deux pièces carrées ou deux pièces rondes, à volonté, en modifiant l'une des deux sections ;
6° Sections circulaires. Si les pièces sont exposées à un effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait au moyen d'une douille à clavette ou à vis.
Si les pièces ne sont exposées à aucun effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait au moyen d'un manchon à prisonnier.
§ 2. *Assemblage d'équerre.* — 1° Sections rectangulaires. On ramène ce cas à l'assemblage bout à bout, pour ces pièces, en coudant l'une des deux pièces à assembler;
2° Section rectangulaire et section carrée. On perce dans la pièce plate un trou carré, plus grand que celui de la pièce à assembler, puis on cale.
D'autres fois, et c'est le plus souvent, on ramène ce cas à celui d'une section rectangulaire avec une section circulaire.
Rarement on le ramène à celui de deux sections rectangulaires.
3° Section rectangulaire et section circulaire. On termine la pièce ronde par un tronc de cône entrant exactement dans un trou pratiqué dans la pièce plate de même forme et de même inclinaison que les génératrices du cône, la fermeture a lieu au moyen d'une clavette, ou au moyen d'une rondelle et d'un écrou, taraudé dans le prolongement de la pièce ronde.
D'autres fois on munit la partie cylindrique d'une embase, sans cône, et la fermeture a lieu de l'autre côté au moyen d'une clavette ou d'une rondelle et un écrou.
4° Section carrée. L'assemblage se fait dans ce cas au moyen d'un étrier, ou chape à clavettes sans coussinets.
5° Section carrée et section circulaire. Dans ce cas, l'assemblage se fait comme ci-dessus, quelle que soit celle des deux pieces qui butte sur l'autre; si c'est la pièce ronde qui butte, sa section est modifiée et rendue carrée.
6° Sections circulaires. L'assemblage se fait au moyen d'un *T*.

II. Assemblage d'une pièce fixe et d'une pièce mobile.

Les pièces mobiles sont douées de l'un des deux mouvements : rectiligne ou circulaire.
§ 1er *Mouvement rectiligne.* Lorsqu'une pièce est douée d'un mouvement quelconque, elle exerce un frottement sur les pièces fixes qu'elle touche. Ce frottement peut être de deux natures différentes, savoir :
Frottement de glissement ; frottement de roulement.
Dans le premier cas, la pièce est munie de *glissoirs* se mouvant dans des *glissières*.
Dans le second cas, la pièce est munie d'*axes* sur lesquels sont montés des cylindres roulants dans des *coulisses*. Ces cylindres portent le nom de *galets* ou de *roulettes*, suivant qu'ils sont en métal ou en bois.
Dans le cas où les deux milieux dans lesquels se meut la pièce mobile sont hétérogènes, la séparation a lieu au moyen d'un *stuffing-box*.
§ 2. *Mouvement circulaire.* — Lorsqu'une pièce est douée d'un mouvement circulaire, elle est toujours montée sur un arbre, dont la communication avec les pièces fixes a lieu à l'endroit des tourillons, dans des pièces appelées supports, lesquelles sont munies ou non munies de coussinets.

III. Assemblage des pièces mobiles entre elles.

Ces assemblages varient non seulement comme ceux des pièces fixes entre elles, suivant les sections aux points à réunir et les dispositions relatives des deux pièces, mais encore suivant le mode de mobilité des deux pièces.
Néanmoins on peut dire, en thèse générale, que, si les pièces sont douées de mouvements différents, comme cela a lieu toutes les fois qu'il y a assemblage avec une tête de bielle, la seule modification que subissent les assemblages ci-dessus mentionnés pour pièces fixes, c'est l'addition de charnières ou de coussinets.

SECTION IV. — RÉCAPITULATION.

Si nous réunissons les pièces servant aux transformations de mouvement, nous trouvons que :
1° Les pièces généralement employées pour les transformations de mouvement forment dix groupes essentiellement différents, savoir :
1° Les poulies et les treuils ;
2° Les roues, pignons, crémaillères et cames ;
3° Les arbres ;
4° Les bielles ;
5° Les manivelles et leurs boutons ;
6° Les parallélogrammes ;
7° Les balanciers et leurs axes ;
8° Les vis ;
9° Les excentriques et leurs mouvements ;
10° Les leviers.

II° Les pièces généralement employées pour les assemblages forment onze autres groupes essentiellement différents, savoir :

1° Les rivets ;
2° Les boulons et écrous ;
3° Les manchons et prisonniers ;
4° Les douilles à clavettes ou à vis ;
5° Les chapes, coussinets et clavettes ;
6° Les charnières ;
7° Les T ;
8° Les tourillons ;
9° Les glissoirs et glissières ;
10° Les galets et coulisses ;
11° Les stuffing-box ;
12° Les supports.

Total, vingt-deux groupes de pièces généralement employées dans les machines.

Parmi ces pièces, il en est qui figurent comme pièces spéciales dans la composition de l'une des parties de la machine à vapeur, et dont nous renvoyons l'étude à celle des pièces spéciales ; ce sont :

Les arbres, les manivelles et leurs boutons, les bielles, les balanciers et leurs axes, les parallélogrammes, les excentriques et leurs mouvements, les glissoirs et glissières, les galets et coulisses, les rivets, les manchons.

Il en est d'autres qui sont traitées dans cet ouvrage à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE ; ce sont :

Les roues, pignons, crémaillères et cames.

Enfin, il en est d'autres qui sont d'un intérêt minime dans la machine à vapeur, considérées isolément, en ce qu'elles rentrent dans la composition de certaines autres ; ce sont :

Les poulies et les treuils, les vis.

Il nous reste donc seulement neuf groupes principaux de pièces générales, qui avec les poulies, dont nous dirons quelques mots, forment la série suivante, savoir :

1° Boulons et écrous ;
2° Charnières ;
3° Douilles ;
4° Les T ;
5° Tourillons ;
6° Chapes, coussinets et clavettes ;
7° Supports et coussinets ;
8° Leviers ;
9° Stuffing-box ;
10° Poulies.

Titre II. — Composition des pièces générales des machines.

I. Boulons et Écrous.

Les boulons (fig. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 et 23) sont des pièces employées aux assemblages des faces planes.

A cet effet, ils se composent de trois parties distinctes, savoir :

Le corps, la tête, l'écrou.

Le corps *a* des boulons est une partie cylindrique tantôt brute de forge, tantôt tournée, dont la longueur est toujours plus grande que la somme des épaisseurs des deux parties à assembler.

L'une des extrémités du corps est soudée à la tête ; l'autre est taraudée sur une certaine longueur pour recevoir l'écrou.

La tête *b* est tantôt à quatre, tantôt à six pans ; à quatre pans dans les boulons qui ne sont pas en vue ; à six pans dans les autres ; quelquefois, par luxe, on fait la tête cylindrique terminée par une calotte sphérique peu prononcée. Dans ce cas, il est important que l'on ait un moyen particulier pour empêcher que le boulon ne tourne quand on serre l'écrou. Ce moyen consiste à faire carrée la portion du corps qui touche à la tête, ainsi que le trou percé dans la bride correspondante, ou à munir simplement cette partie du corps d'un prisonnier pénétrant à la fois et dans le corps et dans une mortaise pratiquée sur la bride. La disposition du carré s'emploie fréquemment pour les boulons à tête quelconque, quand ils sont destinés à assembler des pièces de fonte ; dans ce cas, on fait venir à la fonderie les trous carrés correspondant aux diverses positions des boulons.

L'écrou (fig. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 et 23) est à quatre pans ou à six pans ; à quatre pans pour boulons ordinaires et cachés ; à six pans pour tous les autres. Parmi les écrous, on distingue :

L'écrou à quatre pans ordinaire (fig. 18 et 21) ;
L'écrou à six pans ordinaire (fig. 19) ;
L'écrou à six pans paré (fig. 20) ;
L'écrou à six pans tourné (fig. 15 et 16) ;
L'écrou à six pans à chapeau (fig. 23).

Les deux premiers s'employant, comme nous avons dit, dans les circonstances ordinaires ; les autres s'employant de préférence suivant le plus ou moins de relief que l'on désire donner aux parties dans lesquelles ils figurent.

Les dimensions proportionnelles des boulons sont les suivantes :

Le diamètre du corps non fileté étant 1 ;
Les épaisseurs de la tête et de l'écrou sont 1 ;
La diagonale des têtes carrées est 2,25 ;
Le diamètre du cercle circonscrit aux têtes à six pans est 2 ;
Le pas de vis du filet varie entre 1/6 et 1/10 du diamètre suivant la grandeur de ce dernier.

Le serrage des écrous se fait au moyen de clefs. On distingue deux espèces de clefs, savoir :

Les clefs à mâchoires fixes ;
Les clefs à mâchoires mobiles.

Les premières, qui sont les meilleures, consistent en une pièce de fer plat terminée par une tête dont l'épaisseur est égale à environ les 0,75 du diamètre du boulon à l'écrou duquel elles sont destinées. Dans cette tête est pratiqué un vide dont le contour est tantôt un polygone complet, tantôt, et le plus souvent, c'est une portion de polygone exactement égale à celui formant le contour des écrous auxquels elle doit servir. Dans le cas où ce vide ne forme pas un polygone complet, le nombre des faces qu'il présente est au moins de trois, dont deux, celles formant les extrémités du fer à cheval, portent le nom de mâchoires. Pour les écrous à six pans, le nombre des faces du vide est généralement quatre.

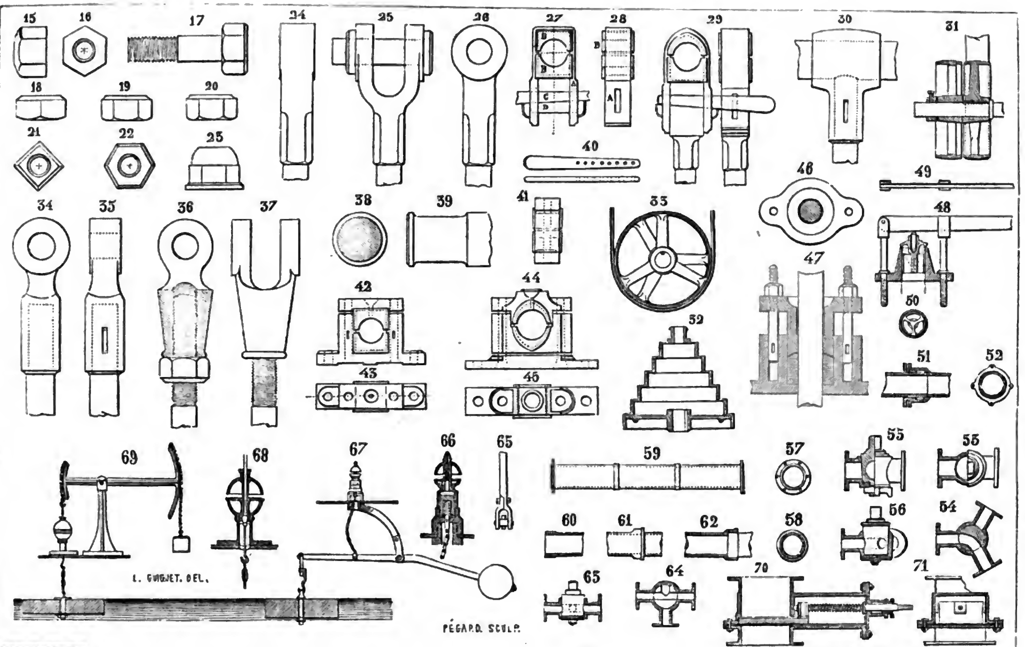
Les secondes, dites clefs anglaises, sont toujours munies de têtes à trois faces rectangulaires. Elles ne diffèrent des précédentes qu'en ce que l'une des mâchoires est mobile et permet ainsi le serrage de toute espèce et de toute dimension d'écrous. Elles se construisent de différentes manières : tantôt l'écartement des mâchoires se fait au moyen d'une simple coulisse munie de points d'arrêt diversement combinés ; tantôt, et c'est le plus souvent, il se fait au moyen d'une vis.

Ces clefs, qui sont fort lourdes et ne peuvent pas toujours s'employer, sont bonnes pour le démontage des machines quand on ne peut s'en procurer d'autres. En général, elles ne conviennent nullement pour l'usage journalier, attendu qu'elles abîment les écrous.

On peut presque dire, à propos de ces clefs, que l'on juge de l'ordre qui règne chez le mécanicien qui a construit une machine, d'après l'emploi plus ou moins fréquent que fait de la clef anglaise l'homme qui est chargé de l'entretenir.

En effet, ce qui contribue le plus à donner aux conducteurs de machines l'habitude de la clef anglaise, c'est la diversité des dimensions des écrous qu'ils ont à

 MACHINE A VAPEUR.



manier. Or, cette diversité provient de deux causes, savoir :

La multiplicité des diamètres de boulons employés ;

La mauvaise confection des écrous.

En ce qui concerne la première cause, nous dirons qu'il n'est pas rare de voir encore aujourd'hui des centaines de diamètres différents de boulons dans un atelier de construction, tandis qu'avec douze ou quinze au plus on peut satisfaire à tous les cas de l'emploi de ces pièces dans les machines ; pour cela, il suffit d'adopter les diamètres suivants en millimètres, savoir :

6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 25, 30, 35, 40, 45, 50.

Le mécanicien qui sait le nombre et les diamètres de ses différents boulons, peut faire fabriquer d'avance des clefs pour chaque numéro et n'oublie pas de livrer toutes celles qu'il doit avec chaque machine qu'il vend.

Dans le cas contraire, il n'en livre aucune ou en livre qui ne vont pas.

En ce qui concerne la seconde cause, nous dirons que, pour être bien faits, il faut que les écrous aient leurs faces taillées mécaniquement.

Si donc on rencontre, dans une machine, des boulons dont les dimensions varient pour un même travail à effectuer, et des écrous dont les dimensions varient pour des boulons de même diamètre, on peut dire que le mécanicien qui a construit cette machine n'a pas d'ordre, et sa machine doit être défectueuse. Alors, en examinant attentivement cette dernière, on trouve des pièces qui se meuvent en dehors du plan de leur mouvement normal et partant des coussinets qui s'usent irrégulièrement, ou bien des joints faits en mastic de fonte ou en mastic de plomb, etc.

II. Charnières.

On donne le nom de charnières (figures 24, 25 et 26) à l'assemblage employé pour réunir deux tiges cylindriques ou autres douées de mouvements différents, l'une d'elles étant nécessairement douée d'un mouvement circulaire alternatif autour du centre de la charnière.

Une charnière se compose de trois parties, savoir :

La fourchette simple ou mâle (fig. 24 et 25) ;

La fourchette double ou femelle (fig. 25 et 26) ;

Le goujon et sa rondelle.

Ces pièces se construisent comme le représentent les figures. Quant aux dimensions proportionnelles, elles sont les suivantes :

Le diamètre des tiges étant 1, celui du goujon est 1 ; l'épaisseur du fer autour du goujon est 0,6 (nous retrouverons cette donnée dans beaucoup d'autres cas) ; les autres dimensions sont indiquées par la figure.

Une difficulté se présente pour la composition normale de la charnière ; cette difficulté est la suivante :

Il faut, pour faciliter la besogne de l'ajustage, que l'on puisse donner un coup de tour de chaque côté des têtes des fourchettes de manière à bien indiquer le rond extérieur concentrique avec le trou du goujon.

Ce coup de tour se donne facilement dans la tête de la fourchette double, parce que l'épaisseur de 0,6 des coudes se trouve portée à 0,75 à l'endroit des têtes ; mais il n'en est pas de même dans la fourchette simple, parce que l'épaisseur 1,2 est suffisante pour l'assemblage. Or, la tige ayant 1 pour diamètre, si le raccordement polygonal à 1,2 de diamètre intérieur, comme dans la fourchette double, la tête, ayant 1,2 d'épaisseur, ne dépasse pas le raccordement, et alors le coup de tour est impossible.

Nous avons cru devoir trancher la difficulté en ne donnant que 1,1 d'épaisseur au raccordement de la fourchette simple, lui laissant 1,2 dans l'autre sens, comme à la fourchette double. On pourrait peut-être, au lieu de cela, augmenter l'épaisseur de la tête et la porter à 1,4, puis diminuer l'épaisseur des têtes de la fourchette et les réduire à 0,70 chaque. Dans ce cas, l'épaisseur totale serait de 2,8, tandis qu'ici elle n'est que de 2,7. Le seul inconvénient que nous verrions dans la seconde disposition, c'est que l'épaisseur totale de la tête double ne serait pas plus grande que celle de la tête simple, ce qui n'est pas bon, parce que le travail de la première est souvent inégalement réparti, tandis que celui de la seconde ne peut l'être.

Ces détails paraîtront minutieux à quelques personnes, mais non pas à celles qui s'occupent de construction.

III. Douilles.

Les douilles (fig. 34, 35, 36 et 37) sont, comme charnières, des pièces destinées à l'assemblage de deux tiges cylindriques situées sur le prolongement l'une de l'autre, seulement elles s'emploient dans le cas spécial où l'une des tiges s'enfilant dans un *stuffing-box*, ou tout autre évidement ayant exactement son diamètre, n'en peut sortir que par l'extrémité où elle s'assemble avec l'autre tige. Alors on munit la tige libre d'une douille dans laquelle pénètre l'extrémité de la tige captive. Cette disposition est le plus souvent employée pour l'assemblage des tiges de piston.

Les douilles sont à vis ou à clavettes. Les douilles à vis ne s'emploient que dans quelques cas particuliers ; généralement on préfère les douilles à clavettes.

Les douilles sont généralement à charnières ; dans ce cas, elles portent la fourchette simple. Quelquefois, cependant, comme cela a lieu pour les tiges de pompe à air, quand les tiges assemblées ne doivent plus faire qu'une seule et même tige douée d'un seul mouvement, on soude la douille à la tige libre, ce qui en rend l'exécution toujours moins facile. Nous ne sommes pas très partisan de cette disposition, quoiqu'elle soit plus économique que celle d'une douille et une charnière.

Les dimensions proportionnelles des douilles sont les suivantes :

Le diamètre de la tige étant 1, l'épaisseur autour est 0,25 ; la longueur intérieure est 2,8, de manière que, la clavette ayant 0,8 de haut, il y ait dans la douille une hauteur de un diamètre en dessus et en dessous.

IV. T.

Les T, pièces semblables aux précédentes, diffèrent des douilles en ce qu'ils sont destinés à assembler d'équerre des tiges avec des axes sur lesquels elles buttent.

Ils se construisent tantôt en fer, tantôt en fonte. Les premiers sont de beaucoup préférables ; mais ils sont difficiles à bien faire, surtout en ce qui concerne les directions perpendiculaires des trous qui ne sont pas alésés et s'ajustent tels qu'ils sortent de la forge.

Les dimensions proportionnelles de ces pièces sont les suivantes, savoir :

Le diamètre de la tige étant 1, les proportions de la douille dans laquelle son extrémité se loge sont les mêmes que celles des douilles ordinaires.

Le diamètre de l'axe, dans sa partie où la tige vient butter contre lui, est d'environ 1,70 ; quelquefois, cependant, mais pas dans les machines à vapeur, il peut être supérieur. On donne à la largeur de la partie du T qui l'enveloppe trois fois le diamètre de la tige

V. Tourillons.

Les tourillons (figures 38 et 39) sont les points d'assemblage des arbres ou axes avec les pièces fixes ou les pièces mobiles dont le mouvement est différent du leur.

Ils sont cylindriques et terminés par des collets cylindriques comme eux, auxquels ils se raccordent par

un congé, de manière à ne pas changer trop brusquement le diamètre. Leur longueur est 1,2 de leur diamètre ; le diamètre des collets est égal à leur longueur.

VI. Chapes, Coussinets, Clavettes.

Les chapes, coussinets et clavettes (figures 27, 28, 29 et 40), s'emploient dans tous les assemblages d'axes, fixes ou mobiles, avec des pièces mobiles.

Les coussinets servent à adoucir le mouvement de rotation de l'axe dans leur intérieur et à le maintenir toujours serré.

La chape sert à maintenir les coussinets en place.

Les clavettes servent à fermer la chape et à opérer le serrage.

§ 1er. *Coussinets.* — Les coussinets B, B (fig. 27, 28), sont en *plomb et régule, laiton, bronze, maillechort, fonte* ou *acier*, suivant les cas de leur emploi.

On les fait en *plomb et régule* lorsque le mouvement est lent et que l'on tient essentiellement à ne pas user la pièce qui se meut dans leur intérieur, mais qui ne sont pas soumis à des efforts considérables.

On les fait en *laiton*, dans les machines à vapeur, pour plusieurs raisons, savoir :

La première, c'est que souvent on ne peut se procurer de bronze de bonne qualité.

La seconde, c'est qu'ils sont un peu plus économiques que ce dernier, ce qui est un pauvre motif.

La troisième, c'est qu'ils s'alèsent infiniment plus facilement et plus vite, les coussinets en bronze usant promptement la lame d'alésoir surtout s'ils sont soufleux ou siliceux.

La quatrième, c'est qu'ils usent moins le tourillon que le bronze, quand ce tourillon est en fer.

Le coussinet en *bronze* est le meilleur, quels que soient les motifs qui lui fassent préparer le précédent ; il est, comme la clef anglaise, un indice de bon ou mauvais constructeur.

Le *maillechort* n'a été employé comme coussinets, que dans certains cas particuliers, plutôt comme luxe qu'autrement.

La *fonte* joue un grand rôle aujourd'hui comme métal de coussinets ; fonte blanche, fonte grise, l'une et l'autre réussissent parfaitement ; la fonte blanche seulement se casse et s'échauffe plus facilement que la grise. Il viendra une époque où on n'emploiera plus d'autre métal pour coussinets.

L'acier ne convient que pour les axes en acier, c'est-à-dire pour les cas où il y a une grande vitesse de rotation.

Les coussinets peuvent se construire de différentes manières, savoir :

1° A contour extérieur en ogive (fig. 29) ;

2° A contour extérieur octogonal ;

3° A contour extérieur carré (fig. 27 et 28).

Le contour en ogive, qui est le plus généralement répandu, présente le grave inconvénient de ne pas fixer le coussinet dans sa chape d'une manière assez stable pour l'empêcher de tourner. D'autre part, comme il faut toujours un coussinet carré, cette disposition a l'inconvénient d'exiger deux modèles.

Le contour octogonal est bon ; il emploie plus de cuivre que le précédent, mais le coussinet ne tourne pas ; seulement, si on veut que les deux coussinets soient égaux, il faut ajouter à la tête de la tige qui reçoit la chape deux saillies triangulaires, servant à embrasser le coussinet intérieur, et dont le prix de revient dépasse de beaucoup la différence qui existe entre le coussinet octogonal et le coussinet carré. Si alors on met l'un des coussinets octogonal et l'autre carré, on retombe dans l'inconvénient des deux modèles signalés plus haut.

Les coussinets carrés présentent l'inconvénient de prendre plus de matière que les autres ; mais, en définitive, ce sont les meilleurs ; ils n'exigent qu'un modèle pour les deux, s'exécutent de même l'un que l'autre et ne peuvent jamais tourner.

Ces coussinets, les seuls employés dans l'enfance de la construction des machines, puis abandonnés pour les précédents, ont revu le jour pour la première fois dans les locomotives, où il est si important que ces pièces restent en place. Nous applaudissons fort à cette résurrection, aussi nous sommes-nous empressé de l'adopter.

§ 2. *Chapes.* — Les chapes A (fig. 27, 28) sont toujours en fer ; elles ont le minimum d'épaisseur nécessaire pour la résistance qu'elles ont à vaincre et la facilité de l'exécution. A l'endroit où est percée la mortaise des clavettes, l'épaisseur est plus considérable. Si les chapes étaient en fonte, on se contenterait de faire régner cette épaisseur seulement dans l'entourage de cette mortaise ; mais, en fer, cette opération serait infiniment plus coûteuse que la différence de poids du fer qu'on y laisse.

§ 3. *Clavette.* — Les clavettes C, D (fig. 27, 40) sont toujours en fer ; on distingue : la *clavette* C, la *contre-clavette* D.

La *contre-clavette* sert à empêcher l'écartement des deux branches de la chape et, au besoin, la désunion de la chape avec la bielle d'assemblage dans le cas où la clavette viendrait à tomber.

La *clavette* est pour le serrage des coussinets uniquement ; ce serrage s'obtient au moyen d'une légère inclinaison des clavettes entre elles.

La figure indique les dimensions proportionnelles des coussinets, chapes et clavettes, le diamètre du tourillon intérieur étant un. Ces pièces sont, sans contredit, celles qui peuvent le mieux se mettre en dimensions proportionnelles.

VII. Supports.

Les supports (figures 41, 42, 43, 44 et 45) sont les pièces d'assemblage entre arbres ou axes mobiles.

Comme les chapes, ils possèdent des coussinets ; seulement les pièces employées à maintenir ces coussinets en place changent de formes et de noms.

Dans un support, on considère : les coussinets, le corps, le chapeau, le patin, les boulons.

Les coussinets peuvent être de l'une des trois formes que nous avons envisagées précédemment ; seulement, pour nous, nous préférons les coussinets carrés, d'autant plus que, si on trouve qu'ils prennent trop de matière, on peut les faire en fonte.

Le corps, le chapeau et le patin des supports varient singulièrement suivant la position des pièces fixes auxquelles on les relie.

En effet, on considère deux classes de supports, savoir : les supports d'arbres horizontaux, les supports d'arbres verticaux.

Parmi les premiers on considère : les paliers, les chaises.

Les *paliers* sont ceux dans lesquels le chapeau est situé au-dessus du patin.

Les *chaises* sont ceux dans lesquels le chapeau est situé au-dessous du patin.

Les premiers sont destinés à être assemblés avec des pièces horizontales inférieures, comme le sol ; les seconds sont destinés à être assemblés avec des pièces horizontales supérieures, comme les plafonds.

Ce qui fait que les formes diffèrent dans les deux cas, c'est que, quand le support s'assemble avec le plafond, il faut, pour faire usage d'un palier, le retourner et confier ainsi au chapeau, c'est-à-dire aux boulons, la charge de l'arbre dont il reçoit le tourillon, ce qui n'est pas prudent. On emploie alors des chaises, espèces de supports de forme très variée qui maintiennent le cha-

peau au-dessus de l'arbre et, au moyen d'un ajustage plus ou moins long, relient le corps au patin, en contact avec le plafond. Ces pièces ne peuvent, du reste, être considérées comme pieces générales des machines à vapeur.

Les supports d'arbres verticaux se nomment *crapaudines*. Leurs formes different complétement de celles des autres; ce sont plutôt des pièces spéciales pour certains cas particuliers que des pièces générales; nous n'en parlerons pas ici.

Pour qu'un support soit bien fait, il faut que les coussinets soient encastrés dans le corps de manière à ce qu'il ne puisse y avoir de mouvement chez l'un qui soit étranger à l'autre, sans quoi ils cesseraient bientôt de tenir le tourillon en place.

Pour y arriver, il y a deux méthodes suivant la forme des coussinets :

S'ils sont carrés, la meilleure disposition est celle de la fig. 25 ; le chapeau se trouve alors indépendant, il ne sert qu'au serrage. S'ils sont en ogive ou octogonaux, il faut alors faire pénétrer le chapeau dans le corps (fig. 44) en lui faisant embrasser la totalité du coussinet supérieur;

En outre les boulons d'assemblage du chapean avec le corps ne doivent pas avoir de tête, mais être à clavettes, afin que si pendant le serrage l'un d'eux vient à casser, il soit facile de le retirer sans soulever l'arbre et le support. Cette disposition n'est, bien entendu, recommandée que pour les supports où le soulévement de l'arbre entrainerait des difficultés, c'est-à-dire les grands supports. Dans les petits, on peut, sans difficulté, donner une tête aux boulons; on peut même les faire servir à l'assemblage du support avec la partie fixe.

VIII. Leviers.

Les leviers, dans les machines, sont des pièces en fer qui dérivent, suivant leur forme, de la *manivelle* ou du *balancier*.

Ils dérivent de la manivelle quand ils n'ont, comme elle, qu'une *tête* et un *moyeu*. Dans ce cas, il y a transmission du mouvement de l'arbre à la tête du levier, ou réciproquement, et alors l'arbre est soumis à un effort de torsion.

Ils dérivent du balancier quand ils ont, comme lui, deux *têtes* et un *moyeu*. Dans ce cas, il y a transmission du mouvement d'une tête à l'autre et l'arbre n'a plus qu'à résister aux efforts de flexion transversale exercés aux deux têtes.

Dans le premier cas, les diamètres intérieurs du moyeu et de la tête se calculent de la même manière que pour la manivelle.

Dans le second cas, les diamètres intérieurs du moyeu et des têtes se calculent de la même manière que pour les balanciers.

Nous renvoyons en conséquence à ces deux pièces pour ces divers calculs.

Les dimensions proportionnelles des têtes des leviers sont en tout conformes à celles des charnières qui sont leur assemblage naturel.

Quel que soit le mode de fonctionnement des moyeux leur épaisseur est égale au tiers du diametre intérieur, et leur longueur égale à 1, 2 fois ce diamètre.

Quant à l'épaisseur des plats du levier, elle est la même pour tous les 0, 6 du diamètre du trou de la tête à l'extrémité et les 0,6 du diamètre du trou du moyeu, au centre, ce diamètre étant celui de l'arbre pour éviter la torsion.

IX. Stuffing-box.

Les *stuffing box* (fig. 46 et 47) (boîtes à étoupes) sont des pièces destinées à intercepter la communication entre deux milieux dans lesquels se meut une tige. Ils se composent de deux parties, savoir :

La *boîte* et le *chapeau*.

La boîte est généralement coulée avec la cloison qui sépare les deux milieux ; elle est d'un diamètre suffisant pour recevoir des étoupes que l'on comprime au moyen du *chapeau* qui, pour cette raison, porte aussi le nom de *presse-étoupes*.

Le chapeau, qui est tantôt en bronze, tantôt en fonte, s'assemble avec la boîte au moyen de deux ou trois boulons, suivant ses dimensions ; l'assemblage à deux boulons est plus convenable dans les machines à vapeur, parce qu'il permet au chapeau d'osciller légerement avec la tige que le parallélogramme ne conduit pas exactement en ligne droite.

On emploie quelquefois, pour les pompes, le stuffing-box : cette disposition n'est bonne qu'autant que la boîte est elle-même en bronze, avec la fonte, un pareil assemblage n'est jamais durable.

Il est bien difficile de donner au diamètre extérieur du chapeau une dimension proportionnelle au diamètre de la tige, parce que l'épaisseur à donner aux étoupes ne varie pas proportionnellement aux diamètres ; cette épaisseur augmente fort peu avec chaque augmentation dans le diamètre de la tige. Faute de formules convenables, nous donnons ci-dessous, pour différents diamètres de tiges, le tableau des dimensions les plus convenables pour le diamètre extérieur du chapeau de stuffing-box ; nous y joignons en même temps le diamètre des boulons correspondants :

Tableau des diamètres des tiges, chapeaux et boulons pour stuffing-box, en millimètres.

Diamètres des tiges.	Diamètres des chapeaux.	Diamètres des boulons.	Diamètres des tiges	Diamètres des chapeaux.	Diamètres des boulons.
10	30	10	55	95	18
12	35	10	60	010	21
15	40	10	65	110	21
18	45	12	70	120	21
21	50	12	75	130	25
25	55	12	80	130	25
30	65	15	85	140	25
35	70	15	90	150	30
40	75	15	95	150	30
45	85	18	100	160	30
50	90	18			

X. Poulies.

Les poulies (figures 31, 32 et 33) sont de trois espèces distinctes, suivant qu'elles sont destinées à supporter des chaînes, des cordes ou des courroies. Les poulies destinées à supporter des chaînes ou des cordes portent le nom de *Poulies à gorge* ; celles destinées à supporter des courroies portent le nom de *Poulies plates*. Les poulies à gorge, pour cordes, se composent d'une gorge à section semi-circulaire maintenue en place sur son moyeu par quatre, cinq, six ou huit bras, suivant son diamètre. Les bras sont munis de nervures qui leur donnent pour section la forme d'une croix. Ces nervures ont pour but d'empêcher la rupture transversale par suite de mauvaise direction de la corde, et aussi par suite de retrait de la fonte après la coulée.

Souvent, quand les poulies sont d'un grand diamètre, on coule le moyeu en trois parties séparées par des petites plaques de tôle auxquelles on en ajoute d'autres, après le refroidissement, pour remplir l'espace laissé par le retrait ; ces trois parties sont reliées par deux frettes en fer posées à chaud, une sur chaque face.

Les poulies plates se font généralement plus légères

que les poulies à gorge; leurs bras sont très souvent à section ovale, comme le représente la figure 34. Pour éviter la casse résultant du retrait de la fonte, on donne souvent aux bras la forme d'un S; alors le moyeu est toujours d'un seul morceau avec le reste de la pièce.

Les poulies plates diffèrent essentiellement des poulies à gorge en ce que ces dernières sont destinées à soulever des poids, tandis que les premières s'emploient uniquement pour transmettre un mouvement de rotation à un arbre.

La largeur des poulies étant généralement la même que celle des courroies qui les embrassent, on calcule cette largeur au moyen de la même formule qui sert pour les courroies. Savoir :

$$l = \frac{128\,F}{D\,N\,e}$$

dans laquelle on représente par :

l, la largeur en centimètres,

F, le travail transmis en chevaux,

D, le diamètre de la poulie,

N, le nombre de tours de la poulie par minute,

e, l'épaisseur de la courroie en centimètres;

et, si l'on admet pour e la valeur :

$$e = 0{,}40,$$

il vient pour le cas des courroies ordinaires :

$$= \frac{320\,F}{D\,N}.$$

XI. Décomposition des pièces générales en séries.

C'est déjà une bonne besogne de faite pour l'ingénieur, que d'avoir des dimensions proportionnelles adaptées à toutes les pièces générales des machines, parce qu'il n'a plus à s'en préoccuper dans ses projets; mais cela ne suffit pas. En effet, il est un point capital sur lequel tout mécanicien doit porter son attention; ce point c'est l'adoption d'un certain nombre de dimensions pour chaque pièce, afin qu'il ne lui arrive jamais de confectionner des outils pour la fabrication de deux ou plusieurs pièces semblables, dont les dimensions sont tellement rapprochées, que toutes peuvent être employées indistinctement au même usage, ce qui crée un matériel coûteux et inutile et jette de la confusion dans le travail. Toute pièce, de quelque métal qu'elle soit, exige des outils spéciaux pour sa fabrication : si elle est en *fer*, ce sont des *mandrins* et des *calibres* qu'il faut à la forge; si elle est en *fonte* ou en *cuivre*, ce sont des *modèles* qu'il faut à la fonderie, sans compter les lames d'*alésoirs* et autres outils qu'il faut à l'ajustage.

Or plus sera grand le nombre des cas où telle dimension de pièce générale pourra être employée, moindres seront les frais d'outils qu'entraîne nécessairement la fabrication de cette pièce; le mécanicien doit donc porter ses soins à l'adoption d'un certain nombre de dimensions pour chaque pièce, assez grand pour satisfaire à tous les cas qui se présentent, et assez petit pour que les frais d'outils soient largement couverts par leur usage.

Quant aux dimensions, il peut paraître difficile au premier abord de les spécifier; mais il suffit de jeter les yeux sur les divers dessins de pièces générales que renferme la planche 2 pour reconnaître de suite qu'ils ont quelque chose de commun, à savoir une partie cylindrique pleine ou creuse dont le diamètre est l'unité de dimensions proportionnelles.

Si donc on adopte une série de diamètres pour les parties cylindriques, toutes les pièces générales se trouvent immédiatement décomposées en séries, par suite de la série de dimensions dont les diamètres de leur partie cylindrique ne peuvent sortir.

L'expérience seule pouvait prononcer sur les différences successives qui peuvent exister entre les divers diamètres des parties cylindriques sans qu'il y ait insuffisance. Il résulte des observations d'un grand nombre de mécaniciens habiles, que la série suivante satisfait complétement à toutes les exigences de la construction pour machines à vapeur, depuis les plus petites jusqu'aux plus grandes forces.

Tableau de la série des diamètres des tiges cylindriques exprimés en millimètres.

5	25	65	110	190	350	700	1200
6	30	70	120	200	375	750	1300
8	35	75	130	220	400	800	1400
10	40	80	140	240	450	850	1500
12	45	85	150	260	500	900	
15	50	90	160	280	550	950	
18	55	95	170	300	600	1000	
21	60	100	180	325	650	1100	

On comprend que ces dimensions, bien que poussées assez loin, n'ont d'importance réelle que jusqu'à 200 millimètres environ. Au-delà il n'y a plus guère que des cylindres à vapeur et des corps de pompe, dont les alésages sont plus rares, et pour lesquels on peut déroger à la loi, bien que, à notre avis, il soit plus convenable de s'y soumettre, comme pour les petits diamètres.

Muni de dimensions proportionnelles pour les pièces générales et du tableau ci-dessus pour les séries, ce que le mécanicien a de mieux à faire, c'est de faire dessiner d'avance chacune des pièces générales, avec les diamètres de la série où elle est le plus employée. Il en résulte pour lui les avantages suivants, savoir :

1° Point de dessins de pièces générales à faire pour les ateliers, et partant plus prompte exécution des projets de machines;

2° Fabrication à l'avance, et en quantité aussi considérable qu'il le juge convenable, des pièces générales sur les diamètres les plus employés, et partant économie sur la main-d'œuvre de ces pièces, qui sont les plus coûteuses des machines;

3° Exécution plus prompte des commandes, puisqu'une partie des pièces est toujours faite d'avance, et partant possibilité de plus fabriquer dans un même temps, sans augmentation de matériel.

CHAPITRE II. PIÈCES SPÉCIALEMENT EMPLOYÉES DANS LES MACHINES A VAPEUR.

Titre Ier. — Composition générale des machines à vapeur.

Les machines à vapeur sont des appareils destinés à utiliser la force motrice de la vapeur d'eau.

Nous avons vu, dans la description historique de ces machines, quels sont les divers moyens qui ont été successivement employés pour utiliser cette force motrice.

Jusqu'ici, de tous ces moyens, un seul a généralement prévalu, à savoir : l'action alternative de la vapeur sur les faces opposées d'un piston se mouvant dans un cylindre.

Dans ce cas, une machine à vapeur se compose de sept parties principales, savoir :

1re partie. Le générateur de la vapeur;

2e partie. L'appareil de distribution de la vapeur dans le cylindre;

3e partie. Le cylindre à vapeur;

4e partie. L'appareil de transmission et régularisation du mouvement du piston;

5e partie. L'appareil de condensation de la vapeur utilisée;

6° partie. L'appareil d'alimentation du générateur;
7° partie. Le bâti de la machine.

Dans le générateur, on distingue :
1° La chaudière à vapeur;
2° Les appareils de sûreté;
3° Les tuyaux de conduite de la vapeur à la distribution.

Dans l'appareil de distribution, on distingue :
1° Le distributeur;
2° Le mouvement du distributeur;
3° Le modérateur de la distribution.

Dans le cylindre à vapeur, on distingue :
1° Le cylindre et ses fonds;
2° Le piston;
3° La tige.

Dans l'appareil de transmission de mouvement, on distingue :
1° Le guide de la tige du piston;
2° Le balancier;
3° La bielle;
4° La manivelle;
5° L'arbre;
6° Le volant.

Dans l'appareil de condensation, on distingue :
1° Le condenseur;
2° La pompe à air et son piston.

Dans l'appareil d'alimentation, on distingue :
1° La pompe d'eau fraîche et son piston;
2° La pompe alimentaire et son piston;
3° Les tuyaux de conduite de l'eau.

Dans le bâti, on ne distingue aucune pièce spéciale, ses formes variant suivant la disposition des autres parties.

Total, 20 pièces spéciales.

Observant que, parmi ces vingt pièces plus ou moins compliquées, il en est plusieurs dont les études présentent de l'analogie entre elles, nous les classerons dans l'ordre suivant, savoir :

1° Chaudières à vapeur;
2° Appareils de sûreté;
3° Tuyaux de vapeur et d'eau;
4° Distributeurs;
5° Mouvements des distributeurs;
6° Modérateurs;
7° Cylindres et corps de pompe;
8° Pistons à vapeur, à eau et à air;
9° Tiges;
10° Guides de tiges;
11° Balanciers;
12° Bielles;
13° Manivelles;
14° Arbres;
15° Volants.

Titre II. — Composition des pièces spéciales des machines à vapeur.

I. Chaudières à vapeur.

(Voir pour ces appareils les articles de ce Dictionnaire, intitulés CHAUDIÈRE et CHAUDRONNERIE).

II. Appareils de sûreté.

Les appareils de sûreté prescrits par l'ordonnance royale du 22 mai 1843 sont les suivants, à quelques modifications près pour les chaudières de locomotives et de bateaux (voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR et MANOMÈTRE).

Soupapes de sûreté. Les poids étaient, lors de l'autorisation, vérifiés, mais non poinçonnés, d'où résultait que, après vérification, les propriétaires mettaient tels poids qui leur convenaient sur leurs soupapes, et il était impossible, dans les inspections annuelles, de reconnaître la fraude, parce que, pour déterminer si une soupape est convenablement chargée, il faut connaître son diamètre, son poids propre, le rapport entre les bras du levier, le poids du levier rapporté à son extrémité, et le poids placé à cette extrémité; mesures qui ne peuvent être prises que quand la chaudière n'est pas en vapeur.

D'après la nouvelle ordonnance, toutes les soupapes sont vérifiées et poinçonnées par les *garde-mines*, ainsi que leurs leviers et poids; mais il est résulté de ce fait un inconvénient grave, qui ne peut être que momentané, et sur lequel nous appelons l'attention de messieurs les mécaniciens, chaudronniers et acheteurs de machines :

« Il n'est pas une seule soupape, dont les poids aient été réglés par l'administration, qui ne lève bien avant la pression pour laquelle elle a été poinçonnée. »

Quand nous disons il n'est pas une seule, nous voulons parler des soupapes de pacotille, dont les 999/1000 des chaudières à vapeur sont munies.

Cela tient à ce que le point par lequel le levier produit sa pression sur la soupape n'est jamais exactement situé au centre de cette dernière, et la direction du levier est elle-même quelquefois oblique; ce qui fait que la pression verticale n'est plus qu'une composante de cette dernière. Il résulte du premier vice que la soupape est plus chargée d'un côté que de l'autre; qu'alors le côté le moins chargé se soulève, et donne issue à la vapeur en quantité d'autant plus considérable que la différence de pression est plus grande; le second vice tend aussi à faire lever plus tôt la soupape.

Les industriels, qui ont besoin de toute la pression qui leur est accordée, n'ont d'autres moyens, pour empêcher les fuites par leurs soupapes, que de les surcharger, et s'exposent par là aux amendes et à l'interdiction. Cet état de choses ne peut durer; et, s'il n'y a d'autres moyens pour les industriels, qui ont actuellement des chaudières à vapeur, de se mettre en règle avec l'ordonnance royale qu'en changeant leurs soupapes, il y a un moyen pour les propriétaires à venir de s'éviter tous les désagréments des contraventions; ce moyen est le suivant :

Dans tout marché de chaudières munies de soupapes, il suffit de stipuler que · les soupapes, quand elles auront été vérifiées et poinçonnées par l'administration, ne lèveront pas avant la pression pour laquelle elles ont été poinçonnées.

Alors il faudra que messieurs les chaudronniers se décident à apporter dans la construction des soupapes de sûreté les soins qu'apportent MM. Sorel, Chaussenot et autres dans la construction des leurs qui lèvent exactement.

Après avoir indiqué le mal, il serait peu généreux de laisser ignorer le remède à ceux dont l'état est de construire ces appareils.

Il est un moyen bien simple de faire une soupape qui ne lève exactement que sous la pression pour laquelle elle a été poinçonnée. Pour cela, il suffit de lui donner une forme analogue à celle représentée dans la figure (fig. 64).

Cette soupape diffère essentiellement de celle faisant partie des dessins annexés à l'ordonnance royale du 22 mai 1843 par divers points, savoir :

La soupape de l'ordonnance royale est à ailettes; celle que nous indiquons est à lanterne. La soupape à ailettes n'est pas mise sur le tour pour l'ajustage des ailettes; c'est à la lime que cette opération se fait; sur le tour, l'outil ne produirait rien de régulier, à cause des chocs successifs qu'il éprouverait de la part des ailettes. De là, que le dessus soit tourné ou non, il est certain que son axe de rotation n'est pas le même que celui de la surface extérieure des ailettes; et alors, quand ces dernières entrent dans leur orifice, l'axe de la soupape ne coïncide pas exactement avec celui de l'orifice.

Quand la soupape est à lanterne, on tourne le tout ensemble; donc déjà les axes coïncident.

Le second point par lequel notre dessin diffère du dessin précité, c'est que la tête de la soupape est munie d'une tige terminée par un cône renversé, dont le sommet est au-dessous du plan de contact de l'anneau de recouvrement. Dans ce cône se loge un petit cylindre terminé par deux cônes, dont le sommet supérieur vient porter sur le levier en un point marqué au pointeau, et d'une profondeur suffisante.

De cette manière, la pression du levier sur la soupape a lieu exactement au centre, et la soupape lève avec une précision mathématique.

Notons que cette disposition n'augmente nullement le prix de revient pour le fabricant.

Une dernière précaution à prendre pour les supports de soupapes de sûreté est de donner une épaisseur suffisante à la bride, sans quoi elle se voile par le serrage des écrous, et l'orifice devient ovale.

§ 2. *Flotteur d'alarme.* — Nous n'avons aucune observation à faire sur les manomètres et les indicateurs du niveau de l'eau. Nous allons seulement dire quelques mots sur le flotteur d'alarme.

Le système de flotteur d'alarme de M. Bourdon (fig. 65, 66 et 67), proposé par l'administration, présente l'inconvénient d'avoir tout son mécanisme à l'intérieur de la chaudière.

Pénétré de la difficulté qu'éprouvent quelquefois les industriels à faire usage d'un appareil de ce genre, quand les eaux qu'ils emploient déposent beaucoup, nous avons proposé le flotteur d'alarme représenté dans les fig. 68 et 69, dont tout le mécanisme est à l'extérieur de la chaudière.

Depuis, la plupart des mécaniciens ont adopté cette disposition, qui est préférée par les chauffeurs, et coûte moins cher que la précédente.

III. Tuyauterie et robinetterie.

Les tuyaux sont des conduits à l'usage des liquides et des gaz ou vapeurs.

Ils se construisent généralement en métal; quelquefois cependant on en rencontre en bois et même en béton pour la conduite des eaux.

Les métaux les plus usités pour construction des tuyaux sont les suivants : la fonte, le cuivre, le fer, le plomb.

Les tuyaux en fonte sont les seuls qui nous occuperont ici, attendu que les autres sont l'objet de fabrications spéciales, tandis que les premiers se confectionnent dans les ateliers de construction, et jouent un grand rôle dans les machines à vapeur.

On distingue deux espèces de tuyaux en fonte, savoir : les tuyaux à brides (fig. 57 et 59); les tuyaux à emboîtures (fig. 60, 61, 62 et 58).

Les tuyaux à brides (fig. 51, 52) s'emploient toutes les fois que l'on n'a pas à craindre l'influence de la dilatation ou de la contraction du métal par les variations de température.

Les tuyaux à emboîtures s'emploient dans le cas contraire.

Souvent une conduite se compose de tuyaux à brides et à emboîtures, les derniers se trouvant placés de distance en distance pour annuler les effets de la dilatation ou de la contraction sur une longueur donnée.

Quel que soit le système d'assemblage des tuyaux entre eux, il faut avoir soin, quand on en fabrique, de les munir, de demi-mètre en demi-mètre environ, de bagues extérieures, dont le but est, tout en les consolidant, de lutter contre l'influence du retrait après la coulée.

Les brides se font de la manière représentée dans la figure 51. A la partie extérieure de la bride est une partie tournée destinée à joindre exactement avec la partie de la bride d'assemblage, et à rendre le joint parfaitement étanche. L'épaisseur de la bride est un peu plus forte que celle du tuyau, et le raccordement intérieur se fait au moyen d'un petit congé, qui empêche la rupture de la pièce en cette partie délicate au moment du retrait.

Les tuyaux à emboîtures se font de trois manières :

1° S'ils sont destinés simplement à conduire de l'eau, on les assemble en bourrant l'intervalle que laisse leur jonction au moyen d'étoupes et de plomb fondu ou mastic de fer.

2° S'ils sont destinés à conduire de la vapeur, on leur donne la forme représentée dans les fig. 60, 61, 62 et 58; les parties qui emboîtent sont tournées et alésées juste, de manière qu'il suffit d'une quantité très faible de mastic de minium pour opérer la fermeture exacte.

3° Lorsqu'ils sont destinés à établir la communication entre des prises de vapeur très rapprochées, on leur donne la forme représentée dans les fig. 51 et 52 C'est un véritable stuffing-box, dont les surfaces en contact peuvent être tournées et alésées ou brutes à volonté.

Tous les calculs n'aboutiraient à rien pour déterminer l'épaisseur à donner aux tuyaux, par la raison que cette épaisseur est principalement déterminée par la fonderie et la fragilité de ces pièces. Néanmoins, il est bon de dire que, pour les gros diamètres, lorsqu'il y a de fortes pressions à supporter, il faut calculer cette épaisseur. Alors on a recours, pour la vapeur, à la règle prescrite par l'instruction ministérielle qui accompagne l'ordonnance royale du 22 mai 1843, relative aux appareils à vapeur en général. Dans cette instruction, il est dit que l'épaisseur de la fonte doit être égale à cinq fois ce que serait celle d'un tuyau en tôle destiné au même usage. Or, pour déterminer l'épaisseur à donner aux parois des chaudières en tôle de fer, on a la formule :

$$e = \frac{18\,d\,(n-1) + 3000}{1000}$$

dans laquelle on représente par e, l'épaisseur en millimètres; d, le diamètre intérieur du tuyau en mètres; n, la pression intérieure en atmosphères.

Pour une conduite d'eau, ce résultat est certainement trop fort; mais nous ne pouvons prendre sur nous de spécifier exactement dans quelle proportion il doit être réduit.

Les tuyaux seuls ne suffiraient pas à tous les cas de conduite des fluides. Lorsqu'il y a des changements de direction de la conduite, on emploie des coudes. Lorsque l'on veut relier un tuyau à bride avec un tuyau à emboîture, on emploie des emboîtures. Les coudes et les emboîtures sont des pièces dont toutes les proportions sont les mêmes que celles des tuyaux; seulement, chez les premiers, la direction forme un arc de cercle; chez les seconds, la longueur est aussi petite que possible.

Parmi les coudes, on distingue : les coudes à deux brides; les coudes à emboîtures; les coudes à bride et emboîture.

Nous dirons peu de mots sur la robinetterie, qui comprend tous les appareils propres à établir ou intercepter la communication entre deux portions d'une conduite.

Pour la vapeur, on emploie, suivant les cas, les robinets représentés dans les fig. 53 et 55, 54 et 56, 63, 64, dits à deux ou trois eaux, suivant le nombre des tubulures; on emploie aussi fréquemment, pour de grandes conduites de vapeur, les soupapes analogues aux robinets des grandes distributions d'eau.

Les robinets pour eau diffèrent peu de ceux pour

conduites de vapeur dans les petites dimensions; la clef et le boisseau sont plus longs, et l'œil est moins large. Dans les grandes conduites d'eau, on emploie le robinet représenté fig. 70 et 71, lequel porte le nom de robinet à vanne. Pour la vapeur, dans les machines, on emploie peu les robinets, on les remplace par les appareils suivants.

IV. Distributeurs.

On distingue trois espèces de distributeurs, savoir :
Les tiroirs en coquille;
Les tiroirs en D couché;
Les soupapes.

Dans l'origine des machines à vapeur la distribution se faisait au moyen de robinets, d'abord simples, un pour chaque orifice d'introduction de la vapeur dans le cylindre; puis ensuite doubles, c'est-à-dire à quatre voies, servant à la fois aux deux orifices. M. Maudslay a conservé longtemps cette dernière disposition (figure 89) dans ses machines; puis enfin, l'a abandonnée pour le tiroir.

Après lui, M. Cavé a employé aussi pendant longtemps les robinets (fig. 89) pour distribuer la vapeur dans les machines oscillantes; puis, comme son devancier, a fini par se rendre au tiroir.

Le robinet serait sans doute le distributeur le plus simple et le plus économique; mais le frottement énorme qu'il faut faire subir à la clef, dans son boisseau conique, pour qu'il n'y ait pas de fuites, ne tarde pas à faire gripper les deux parties l'une sur l'autre et à les user considérablement; alors la vapeur s'échappe de toutes parts et il faut arrêter la machine pour roder. Afin d'éviter l'inconvénient des robinets, on a d'abord essayé de les remplacer par des portions de robinets se mouvant dans une boîte à vapeur dont l'une des parois était cylindrique et avait pour axe l'axe même du distributeur; mais cette disposition, plus vicieuse que la précédente, en ce qu'elle était fort difficile à exécuter, rendait impossible le rodage des deux parties frottantes et tenait encore moins la vapeur.

C'est alors qu'on fit le tiroir à coquille, qui serait certainement le meilleur distributeur s'il pouvait s'appliquer à tous les cas; mais, malheureusement, ce qui fait son mérite pour les petites machines devient un défaut quand on l'applique aux grandes.

Tiroir à coquille pour machines sans détente (fig.72). Le tiroir à coquille consiste en une plate-forme A mobile, sur une seconde plate-forme B fixe, avec laquelle elle coïncide parfaitement.

Dans la plate-forme B sont pratiqués trois orifices, dont deux, *a* et *b*, correspondent avec les extrémités du cylindre; et le troisième, *c*, avec le condenseur ou l'atmosphère. Ces orifices portent le nom de lumière du tiroir. Le tiroir A est évidé intérieurement d'une quantité suffisante pour établir la communication entre l'orifice c et l'un des deux orifices *a* ou *b*. La longueur totale du tiroir est telle que, quand l'un des orifices *a* ou *b* communique avec l'orifice *c*, l'autre communique avec l'intérieur de la boîte à vapeur C.

Le contact des surfaces a lieu par la seule pression qu'exerce la vapeur sur le tiroir; si ces surfaces sont bien rodées, il ne se perd pas la moindre quantité de vapeur, et si par hasard il s'en perd, cette vapeur ne s'échappe pas dans le local de la machine.

On conçoit maintenant que le tiroir en coquille n'admette pas de grandes dimensions. En effet, la pression de la vapeur sur cette pièce, étant proportionnelle à sa surface, il arrive un point où cette dernière est assez grande pour que le frottement résultant de la pression de la vapeur, rende impossible la manœuvre du tiroir à la main; ce qui indique déjà que le travail, absorbé par la distribution, est assez considérable; inconvénient qu'il faut éviter autant que possible.

Le célèbre Watt a alors imaginé le tiroir, représenté dans les fig. 86 et 87, qui, par sa disposition, jouit de la propriété de n'éprouver aucun frottement par suite de la pression de la vapeur.

C'est un cylindre creux à base demi-circulaire muni de deux plates-formes mobiles sur deux autres plates-formes fixes, correspondant chacune à une lumière de distribution. En A et B sont deux garnitures d'étoupes interceptant la communication entre la portion de la boîte à vapeur que comprennent les garnitures et les portions extérieures de ladite boîte.

L'arrivée de la vapeur ayant lieu par l'orifice E, la sortie ayant lieu par l'orifice H, et les lumières de distribution étant D et G, on voit d'après la figure, qui représente le tiroir en bas et en haut de sa course, comment la distribution se fait.

Ce tiroir a longtemps été employé dans les machines à vapeur, puis on a fini par y renoncer à cause d'un inconvénient grave qu'il présente, savoir :

Quand on a suffisamment rodé à froid le tiroir sur ses plates-formes, il y a coïncidence parfaite, et il semble que la distribution va se faire d'une manière très satisfaisante. Eh bien, il arrive fort souvent que le contraire a lieu; le tiroir perd de la vapeur, quelque soin que l'on mette à serrer les garnitures. Cela tient à ce que, en s'échauffant, il ne se dilate pas régulièrement et se voile, d'où résulte qu'il n'y a plus qu'un côté qui porte en plein sur sa plate-forme.

Quand ce défaut a été bien constaté, on a imaginé de couper le tiroir en deux et de rendre ainsi les deux plates-formes mobiles indépendantes; de là est résulté le tiroir en D couché.

Dans les machines à détente et à tiroir, la détente s'effectue de trois manières principales, savoir :

1° Au moyen d'un tiroir à recouvrement;
2° Au moyen de deux tiroirs;
3° Au moyen d'un tiroir et une soupape.

Les fig. 73, 74, 75, 76, 77, 78 et 85 représentent une détente par tiroir à recouvrement employée dans les locomotives par MM. Sharp et Roberts, de Manchester.

Le vide du tiroir est égal à la distance entre les deux lumières d'introduction; le plein est égal à une fois et demie la largeur des lumières d'introduction. La course est de 105 millimètres, l'avance est de 25 avec recouvrement total; ce qu'indiquent bien les deux figures 73 et 77, représentant le commencement de l'exhaustion et le commencement de l'introduction. La lumière d'exhaustion est très large et prend sur les deux pleins qui la comprennent.

Quand le piston part, la lumière qui correspond avec l'exhaustion est déjà ouverte à moitié, alors elle s'ouvre tout entière, et celle d'introduction s'ouvre aux trois quarts (fig. 73 et 74). Arrivé à ce point, le tiroir change de direction : on voit par là que l'exhaustion est toujours très libre.

La détente, au moyen d'un seul tiroir à recouvrement, est généralement fixe. Quelques mécaniciens de Paris l'ont rendue variable, mais seulement quand la machine est arrêtée; pour cela ils ont disposé leurs excentriques de manière à pouvoir changer de formes en faisant marcher une pièce glissante ou de rotation.

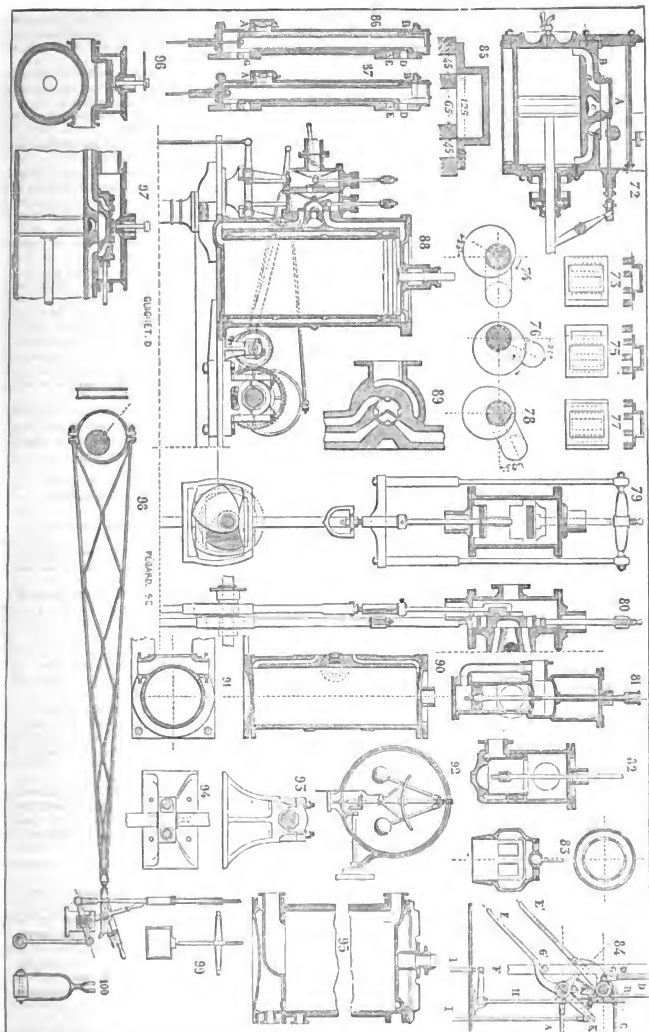
La détente, au moyen de deux tiroirs, s'effectue de deux manières, savoir :

1° Ou les tiroirs sont chacun dans une boîte à vapeur;

2° Ou les tiroirs sont superposés dans la même boîte.

La première (fig. 88) a été exécutée pour la première fois par M. Saulnier (de la Monnaie), et existe dans toutes les machines à détente de cet habile mécanicien.

La seconde, dont MM. Tamizier et Charpin se dispu-



tant l'idée première, a été exécutée pour la première fois par MM. Tamizier, en 1830, puis perfectionnée par MM. Farcot, Edwards, Pauwels, Galafent, Trésel, Meyer et Jullien.

On a vu à l'article DÉTENTE les systèmes de MM. Farcot et Meyer, nous n'y reviendrons pas. Le système de M. Edwards, qui n'y figure pas, quoique bien connu, a été abandonné comme augmentant sans avantage la difficulté et le prix *de revient de l'exécution*.

Les systèmes de MM. Pauwels, Galafent, Trézel (fig. 79, 80), sont à peu près identiques. Ils diffèrent des systèmes Farcot et Edwards, en ce que le tiroir supérieur a une tige et est mû par un excentrique comme l'autre; la détente est variable, dans ces systèmes, par le changement de position de l'excentrique du petit tiroir.

Quant à notre système, il diffère peu de celui de M. Farcot, quand la machine est horizontale (fig. 96 et 97); pour les machines verticales, il en diffère essentiellement, comme on va le comprendre.

Le grand inconvénient qu'a toujours présenté le système de détente à deux tiroirs superposés, dont un libre, c'est de n'avoir aucun moyen certain de maintenir à sa place normale le tiroir supérieur, quand le cylindre est vertical. MM. Farcot et Edwards emploient des ressorts; nous les avons aussi employés et y avons renoncé, parce qu'il arrive toujours un moment où les ressorts se détendent, et alors le tiroir tombe.

Pour éviter cet inconvénient qui met la machine dans l'impossibilité de marcher régulièrement et l'expose à des chômages continuels pour réparation du tiroir, nous avons fixé (fig. 97) le petit tiroir à une tige située à l'intérieur de celle du gros tiroir. La partie supérieure de cette dernière tige est munie d'un stuffing-box dans lequel la petite tige glisse à frottement plus ou moins doux, suivant le besoin. L'appareil de mouvement du petit tiroir se trouve alors relégué en dehors, et non seulement le petit tiroir n'est plus exposé à tomber, mais encore, si par hasard cela lui arrive, on peut le voir de suite et y remédier en serrant le chapeau du stuffing-box sans même arrêter la machine.

Notre tiroir supérieur diffère de celui de M. Farcot, en ce qu'il est d'une seule pièce, et de celui de M. Edwards, en ce qu'il est à recouvrement de l'une des lumières quand l'autre est ouverte. Cette particularité nous paraît indispensable, par la raison que, quand on détend seulement au 1/4, il y a rentrée de la vapeur à la fin de la course avec le tiroir sans recouvrement.

On voit, dans la fig. 97, que les lumières du cylindre ont une largeur double de celle des lumières du tiroir inférieur. Il suffit d'une épure pour se convaincre que plus les lumières du cylindre sont grandes, les autres restant fixes, plus le point auquel on peut détendre avec ce système est élevé. Mais l'augmentation de largeur des lumières du cylindre amène une augmentation de course du tiroir et une augmentation de toutes les dimensions, ce qui fait qu'on s'en tient au double.

La détente, par les tiroirs superposés, présente cet avantage qu'elle peut varier à chaque instant sans qu'il y ait nécessité d'arrêter la machine. En effet, il suffit pour cela de changer la position du taquet qui limite la course du petit tiroir, soit à la main, soit au moyen du pendule conique. Dans ce cas, on supprime la valve de gorge, et la vapeur entre toujours dans le cylindre à la même pression.

La détente par tiroir et soupape s'est faite de plusieurs manières; la plus remarquable est celle de M. Meyer. Elle consiste en un tiroir ordinaire dont la boîte reçoit la vapeur d'une soupape mise en mouvement par la tige du pendule conique. Cette tige est munie d'un manchon conique, mobile par le pendule, et muni, sur deux de ses génératrices opposées, de renflements qui sont destinés à agir sur un collier fixé à l'extrémité de la tige de la soupape. Quand le pendule marche lentement, le grand diamètre du cône est dans le collier, et alors l'ouverture de la soupape est grande et de longue durée; quand le pendule, au contraire, marche vite, le manchon lève et ne présente plus au collier que son petit diamètre, ce qui produit une ouverture de soupape étroite et de courte durée.

Tiroir en D couché. Ce tiroir ne diffère du tiroir de Watt, décrit déjà précédemment, qu'en ce qu'il ne sert que pour une seule lumière de distribution, est employé dans la plupart des machines fixes dont la force dépasse trente chevaux, et notamment dans les machines de bateaux. Muni d'une bonne garniture, ce distributeur est excellent; son seul inconvénient, par rapport au tiroir en coquille, c'est d'être obligé d'avoir une garniture. On le construit, tantôt en fonte, tantôt en bronze; pour la marine c'est toujours en bronze qu'il le faut, à cause des eaux salées.

Soupapes. Le mouvement des tiroirs est généralement communiqué par des excentriques montés sur l'arbre principal de la machine. Or, quand les machines sont destinées à mouvoir des pompes ou des souffleries à piston, en un mot, lorsqu'elles n'ont pas d'arbre à mettre en mouvement, il faudrait, pour le cas de distribution par tiroirs et excentriques, en ajouter un exprès, muni de tous ses accessoires, c'est-à-dire, une bielle, une manivelle et un volant. Non seulement cette disposition serait coûteuse, prendrait une place quelquefois nécessaire pour autre chose, mais, ce qui est le plus grave, condamnerait à un mouvement continu des pièces qui ont quelquefois besoin d'un repos à chaque extrémité de la course comme nous le verrons plus tard.

Il serait bien un moyen fort simple de mouvoir les tiroirs par d'autres appareils que des excentriques, ce serait de leur appliquer l'appareil de mise en mouvement de soupapes; on ne le fait pas généralement, bien que ce soit une assez bonne disposition.

Ce sont les soupapes que l'on emploie pour effectuer la distribution de la vapeur dans les cylindres des machines sans rotation.

Il existe trois espèces de soupapes généralement admises pour cette opération, savoir :

Les soupapes *plates*, dites soupapes *enfilées* ;

Les soupapes à *garniture* ;

Les soupapes à *lanterne*.

Les *soupapes enfilées* (fig. 81), dont on comprend le mode d'action, à l'examen seul de la figure, sont des soupapes ordinaires munies de tiges concentriques se levant alternativement pour faire communiquer successivement l'orifice de distribution du cylindre, tantôt avec la chambre, dans laquelle arrive la vapeur de la chaudière, tantôt avec la chambre par laquelle la vapeur se rend au condenseur.

Ces soupapes ferment très bien et résistent assez longtemps, aussi sont-elles employées dans bon nombre de fortes machines; mais elles présentent un inconvénient résultant de leur disposition même : la vapeur opère sur leur surface une pression qui nécessite une certaine dépense de travail pour leur manœuvre.

A basse pression, ce travail est peu de chose, et elles sont préférables, avec leur inconvénient, à toutes celles qu'on pourrait leur substituer; mais à haute pression, elles ne sont pas tolérables; aussi est-ce pour cela que l'on a imaginé les deux autres espèces sus-mentionnées.

On remédie, en partie, à la difficulté de la manœuvre de ces soupapes par l'addition d'un piston, sur la tige de la soupape intérieure, et d'un tuyau de communication entre la chambre et la partie inférieure de l'axe. Il résulte de là que les pressions sur la soupape et le piston étant égales et contraires, il y a équilibre, et le soulèvement de cette soupape n'absorbe presque pas de force.

Les soupapes à garnitures (fig. 82) consistent en un cylindre vertical, creux et mobile, dont la partie inférieure porte sur une embase conique.

La vapeur arrive dans la chambre supérieure et entre dans le cylindre par l'orifice intérieur, quand la soupape est levée. Une soupape absolument semblable à celle de la figure sert pour l'envoi de la vapeur au condenseur.

Bien que la manœuvre des soupapes à garniture soit presque nulle, et que leur mode de fermeture soit assez satisfaisant, elles sont fort peu employées. Cela tient beaucoup à ce qu'elles ressemblent un peu au tiroir en D couché qui leur est de beaucoup préférable.

Les soupapes à lanternes (fig. 85) ont été employées pour la première fois dans les machines d'épuisement des mines du Cornwall. Comme celle des précédentes, leur manœuvre ne subit en rien l'influence de la pression de la vapeur, l'ouverture ayant lieu latéralement.

Il serait difficile de dire positivement laquelle des deux soupapes, à *garniture* ou à *lanterne*, est préférable pour haute pression; car, pour basse pression, il n'y a rien de mieux que les soupapes enfilées. Si, d'une part, la soupape à garniture présente l'inconvénient d'exiger le soulèvement plus ou moins fréquent du couvercle de la boîte à vapeur, soit pour le serrage, soit pour la visite de ladite garniture; d'autre part, la soupape à lanterne en présente un autre qui provient précisément de l'absence de garniture, à savoir, d'être munie de deux parties coniques pour opérer la fermeture.

Avec les soupapes à garniture la fermeture est toujours exacte, parce qu'il n'y a qu'à presser pour l'obtenir, tandis qu'avec les soupapes à lanterne, la fermeture n'est exacte qu'autant que le contact du cône supérieur a lieu en même temps que celui du cône inférieur. Il est facile, certainement, d'obtenir ce résultat par le rodage; mais pendant combien de temps ce rodage est-il efficace? c'est ce qu'il est bien difficile de dire, la constatation des pertes de vapeur n'étant possible que quand ces pertes sont considérables.

V. Mouvements des distributeurs.

Les appareils de mise en mouvement des distributeurs varient nécessairement suivant la nature de ces pièces.

Pour les tiroirs, qu'ils soient à coquille ou en D couché, l'appareil de mise en mouvement est toujours le même; dans le cas le plus compliqué, il se compose de:

Un excentrique;
Un crochet d'excentrique;
Une manette;
Un arbre du tiroir;
Deux leviers du tiroir;
Deux bielles du tiroir;
Une traverse du tiroir;
Une tige du tiroir;
Un cadre du tiroir;
Un contre-poids du tiroir;
Une bielle de dito;
Un levier de dito.

Toutes ces pièces sont représentées dans les fig. 98, 99 et 100, disposées pour une machine à balancier, de 12 chevaux.

La fig. 84 représente un appareil à déclic, par *règle*, pour machine sans *détente*. Dans la position où le dessin représente les différentes pièces, le piston à vapeur est au milieu de sa course et monte; on a:

A, bielle pour mouvement de la soupape d'exhaustion du bas;

B, bielle pour mouvement de la soupape d'introduction du haut;

C, bielle pour mouvement de la soupape d'introduction du bas;

D, bielle pour mouvement de la soupape d'exhaustion du haut;

E, E', manettes de mise en mouvement des soupapes;

F, tige de la pompe à air manœuvrant les manettes;

G, taquet de la manette E;

G', taquet de la manette E';

H, règle;

I, I, I, contre-poids;

K, K, bagues à courroies pour limiter l'ouverture des soupapes.

VI. Modérateurs.

On donne le nom de modérateurs, en général, aux appareils destinés à maintenir la vitesse des machines entre deux limites plus ou moins rapprochées.

Parmi les modérateurs, il en est qui agissent en augmentant les résistances quand la puissance devient prépondérante; il en est d'autres, au contraire, qui modifient la puissance selon les quantités de travail absorbées par les résistances.

Les modérateurs des machines à vapeur sont de cette dernière classe. Le plus généralement employé est le modérateur de Watt, dit pendule conique à force centrifuge (fig. 92).

Il a pour but de faire ouvrir ou fermer une clef ou registre placé dans le tuyau d'arrivée de la vapeur, de manière que la quantité de celle-ci qui arrive dans le cylindre diminue quand la vitesse augmente son inversement.

Cet ingénieux appareil a été combiné par Watt en employant simultanément la force constante de la gravité de deux boules et la force centrifuge variable avec la vitesse de l'axe mû par la machine auquel sont assemblés les leviers qui supportent les boules. Ces leviers s'écartant, en raison de la vitesse, enleveront à l'aide d'articulations la tige qui fait mouvoir le *gouverneur*.

On appelle ainsi une clef qui forme, étant en partie fermée, un étranglement, qui est une cause de perte de force vive; que par suite, à la vitesse normale de la machine, le régulateur doit être ouvert; ou mieux encore qu'il y a économie à s'en servir pour accroître la proportion de détente de la vapeur, en l'employant à faire varier la position d'un des tiroirs dans les machines à détente variable, un des perfectionnements les plus notables apportés dans ces dernières années aux machines à vapeur, au point de vue de l'économie du combustible.

Pour la détermination des dimensions du pendule, on se laisse ordinairement guider par des habitudes des constructeurs, ce qui n'offre aucun inconvénient, parce qu'on munit l'arbre qui communique le mouvement au pendule conique d'une poulie à différents diamètres; celui pour lequel les boules ne s'écartent pas pour le mouvement normal est le bon.

On pourrait théoriquement déterminer le poids des boules d'après la résistance qui s'oppose au mouvement du régulateur, mais jamais on n'y a recours dans la pratique, parce que, surtout après quelque temps de service de la machine, on ignore toujours quelle est la charge exacte du manchon; on préfère donner, comme nous l'avons dit, plusieurs diamètres à la poulie motrice du pendule conique et chercher par plusieurs essais la meilleure position de la courroie.

Cette incertitude dans laquelle on est sur les résultats du pendule conique, qui tantôt fonctionne bien tantôt fonctionne mal, a suggéré à M. Molinié l'idée de le remplacer par un modérateur à soufflet. Voyez RÉGULATEUR.

L'appareil de M. Molinié n'a qu'un défaut, c'est d'être fort cher; du reste, il fonctionne parfaitement. Sa durée est-elle grande? C'est ce que nous ne pouvons affirmer; c'est un soufflet en cuir qu'il faut éloi-

MACHINE A VAPEUR.

gner autant que possible de la chaleur. Le pendule conique, sur ce point, a l'avantage, parce qu'il ne s'use pas ou à peu près pas.

VII. Cylindres et corps de pompe.

Nous comprenons sous cette dénomination la série des pièces alésées cylindriquement pour recevoir un piston se mouvant dans leur intérieur.

De tous les cylindres et corps de pompes, le plus difficile à exécuter est le cylindre à vapeur (fig. 90, 91 et 95).

Quand les machines sont à tiroir, il est muni de conduits pour la vapeur qui se coulent avec lui (fig. 90, 91).

Quand les machines sont à soupapes, ces conduits n'existent plus; mais alors ce sont généralement de grands diamètres et de grandes courses qui augmentent la difficulté.

Dans les cylindres, pour tiroir à coquille, il est important de donner aux conduits des sections égales à celles des lumières; pour cela, au lieu de leur donner même largeur et même épaisseur qu'à ces dernières, ce qui nécessiterait des noyaux très minces et occuperait trop de place extérieurement, on leur donne moins de largeur et plus d'épaisseur.

Le conduit de l'exhaustion est celui qu'il est le plus difficile de faire suffisamment grand; alors on prend un peu sur l'épaisseur du cylindre, ce qui se fait bien aussi pour les conduits, et, autant que possible, on permet à la vapeur de s'échapper des deux côtés de la boite à vapeur.

Quand un cylindre est alésé assez profond pour qu'il n'y ait plus de soufflures apparentes, on tourne les parties des brides extérieures pour recevoir le fond et le couvercle préalablement tournés aussi. Cette disposition a non seulement l'avantage de rendre inutile l'emploi du plomb et du mastic pour faire la fermeture, mais encore de rendre le montage plus facile, les positions relatives du cylindre et du fond étant déterminées.

Quand on veut mettre des enveloppes aux cylindres, la meilleure disposition est celle de la fig. 95.

VIII. Pistons.

Il existe trois espèces de pistons, savoir :

Les pistons à vapeur; les pistons à eau; les pistons à air.

Dans les trois cas, il existe deux parties principales, savoir :

Le corps du piston; la garniture du piston.

§ Ier. *Pistons à vapeur.* — Dans l'origine, ces pistons se construisaient en fonte avec garniture en chanvre (fig. 101 et 102). Tant que l'on n'a fait usage que de machines à basse pression, ils ont donné des résultats satisfaisants, bien que la garniture se déchirât souvent aux soufflures que l'alésage du cylindre rend apparentes, et qu'il n'est pas toujours possible de boucher avec du plomb.

Mais quand on a voulu appliquer ce genre de pistons à la haute pression, la surface du chanvre se carbonisant légèrement, l'action des éraillures du cylindre était bien plus active, et il fallait changer les garnitures beaucoup trop souvent.

Alors on imagina d'employer les pistons à garniture de chanvre recouverte d'un cercle de fonte (fig. 103, 104).

Cette disposition, qui est encore exclusivement employée par beaucoup de constructeurs, est fort bonne en ce que :

1° Elle est peu coûteuse;

2° Elle ne manque jamais;

3° Quand l'obturation n'est plus assez complète, il suffit de changer la garniture.

Aussi la préférons-nous de beaucoup pour les usines éloignées des ateliers de construction.

Les cercles superposés à la garniture sont en fonte, tournés sur toutes les faces, d'un diamètre supérieur à celui qu'ils doivent avoir dans le cylindre, afin que coupés et réduits au diamètre nécessaire, ils aient une certaine élasticité.

Le serrage du piston de la fig. 103 diffère de celui du piston précédent, en ce que les boulons se vissent dans des écrous en fer rapportés, ce qui est bien préférable au taraudage dans la fonte.

Pour empêcher les têtes des boulons de tourner, au lieu d'un cercle de fer que l'on met ordinairement, nous avons mis une plaque de fonte, percée de trous disposés pour recevoir les têtes de boulons; de cette manière, le vide que laissent ces têtes au-dessus du piston est comblé, ce qui est autant d'économisé pour la vapeur.

Après les pistons à garniture mixte vinrent les pistons à garniture métallique. Ces derniers, qui sont sans contredit les meilleurs, quand ils sont bons, ont été construits et se construisent encore de diverses manières.

La première et la plus ancienne des garnitures métalliques, est celle dite à ressorts à boudins (fig. 105, 106).

Elle consiste en deux anneaux superposés et composés chacun de deux rangs de segments en acier serrés contre le cylindre par des ressorts à boudins en acier.

Ce mode de garniture est bon, bien que souvent les ressorts perdent de leur élasticité. Ce qu'il faut surtout éviter, dans ce genre de pistons, c'est l'encrassage qui rend à la longue les segments immobiles.

Ensuite est venu le piston à cercles (fig. 107, 108), analogue au piston à garniture mixte, et composé de deux cercles concentriques tournés sur un diamètre plus fort et coupés de manière à être rendus élastiques.

Ce système de garniture ne présente pas, à notre avis, assez de stabilité pour ne pas occasionner des fuites de la vapeur au travers de la garniture.

On a ensuite imaginé la disposition des fig. 113 et 116, qui est une légère modification de celui de la figure 105, mais présente l'inconvénient de rayer le cylindre.

Une des meilleures dispositions pour garnitures métalliques est celle des fig. 114 et 115, qui dérive à la fois et de la précédente et de celle de la figure 105. La garniture est moins susceptible de s'encrasser que celle de la fig. 105, seulement elle coûte cher.

Enfin, depuis quelque temps on semble revenir à la disposition de la fig. 113 qui avait été délaissée. Elle a été adoptée pour les pistons des appareils moteurs de 450 chevaux de la marine de l'État.

§ 2. *Pistons à eau.* — Les pistons à eau se divisent en pistons pleins, pistons à clapets.

Les pistons pleins, dits aussi pistons foulants, se construisent des deux manières, suivant leurs diamètres.

Pour de petits diamètres, comme ceux employés à l'alimentation des chaudières, on emploie les pistons pleins sans garniture. L'obturation a lieu dans ce cas au moyen d'un stuffing-box adapté au corps de pompe.

Pour de grands diamètres, on les fait en fonte, d'une ou deux pièces, et on les munit d'une garniture en chanvre.

Les pistons à clapets, dits aussi pistons élévatoires, se construisent de différentes manières, suivant les diamètres des corps de pompe.

Pour les petites pompes à eau, on emploie les pistons à garniture de chanvre ou les pistons à garniture de cuir.

Pour des diamètres un peu grands, on emploie les pistons à garniture de cuir emboutí, ou encore les pistons à garniture de cuir découpé.

Pour les pompes à air, on emploie généralement le piston à garniture de chanvre et à clapets métalliques.

§ 3. *Pistons à air.* — Il n'existe qu'une forme pour les pistons à air se mouvant dans des cylindres en fonte, c'est celle représentée dans la fig. 1484. (Voy. MACHINES SOUFFLANTES).

Le corps du piston est en fonte ; la garniture est en cuir, maintenue en place par des segments en bois que serrent des boulons à deux écrous assemblés à baïonnette avec le corps du piston.

Le but des boulons à deux écrous est le suivant. Comme il arrive souvent qu'un écrou se desserre, si les boulons étaient à tête et à écrou, l'écrou se desserrant, la tête ne serrerait plus, et au lieu d'une portion de la garniture mal serrée on en aurait deux. Avec l'emmanchement à baïonnette, l'un des écrous peut se desserrer sans que l'autre cesse d'agir de son côté ; il est bon néanmoins, pour que cela arrive comme nous le disons, que la saillie du boulon n'ait pas de jeu de haut en bas dans la mortaise où elle vient se loger.

IX Tiges.

Ce sont généralement des pièces cylindriques en fer forgé, destinées à transmettre le mouvement soit d'un piston à vapeur, soit à un piston de pompe. A cet effet, elles se terminent le plus souvent, d'une part, par une embase conique percée d'un tron de clavette destinée à se loger dans l'épaisseur du piston ; d'autre part, par une tête propre à recevoir une douille.

Les tiges ont à résister tantôt à la traction seulement, tantôt à la traction et à la pression. Dans le second cas elles doivent être d'un diamètre beaucoup plus fort que dans le premier.

La formule de *Tredgold*, relative aux pièces soumises à l'écrasement, exprimée en mesures françaises, devient, pour le fer :

$$P = \frac{267\ d^4}{1,24\ d^2 + 0,00034\ l^2}$$

Dans cette formule P est la charge réelle exprimée en kilogrammes ; *d* est le diamètre et *l* la longueur de la tige exprimée en centimètres.

De plus on a trouvé par expérience que le diamètre d'une tige de piston à vapeur de machine à basse pression devait être égal au $\frac{1}{10}$ du diamètre de ce piston. Si nous comparons ces deux résultats nous trouvons que : 0,785 D^2 étant la surface d'un piston à basse pression en centimètres carrés, et *d* le diamètre de la tige.

La pression de la vapeur sur cette surface est $1^k,032 \times 0,785\ D^2$.

La longueur d'une tige de piston à basse pression est égale à trois fois le diamètre de ce piston 3 D.

On a, d'après la formule ci-dessus :

$$0,811\ D^2 = \frac{267\ d^4}{1,24\ d^2 + 0,00034 \times 9\ D^2}$$

Si la formule est d'accord avec le résultat pratique, la valeur $d = \frac{1}{10}$ D substituée dans cette équation doit la satisfaire ; or, on a, pour $d = \frac{1}{10}$ D :

$$0,811\ D^2 = \frac{0,0267\ D^4}{0,0124\ D^2 + 0,00306\ D^2}$$

$$\text{ou :} \quad 0,811 = 1,7$$

Nous déduisons de là que la valeur affectée au diamètre *d* de la tige du piston à basse pression est supérieure à celle que donnerait la formule de Tredgold. Cela tient à ce que la tige du piston est mobile, tandis que la formule est pour des pièces fixes.

Si les tiges n'ont à résister qu'à la traction on calcule leur section au moyen de la formule :

$$S = \frac{3\ P}{4300} = \frac{P}{1433}$$

Dans laquelle S représente la section en centimètres carrés, P la charge à supporter, 4300 la charge moyenne, par centimètre carré, correspondant à la rupture ; si on remplace S par 0,785 d^2, on trouve :

$$d = \frac{\sqrt{P}}{33} \text{ en centimètres.}$$

Si la tige était en bronze, il faudrait remplacer, dans la formule, le nombre 4300 par 2550.

Si la tige était en acier de cémentation par 2790
en fonte grise par 1420

L'extrémité d'une tige destinée à entrer dans une douille est toujours d'un diamètre inférieur à celui de la tige, afin que la saillie provenant de la différence des diamètres, vienne butter contre l'entrée de la douille par le serrage de la clavette et évite ainsi le buttage contre le fond de la douille qui est généralement moins résistant. Cette disposition n'a aucun inconvénient pour les tiges calculées d'après la première formule, le milieu de la longueur nécessitant seul le diamètre qu'elle indique ; mais elle en aurait un très grand, si on n'y avait égard en calculant le diamètre de la tige d'après la seconde formule.

L'inclinaison de l'embase varie suivant les constructeurs. Mais comme les tiges ne sont pas les seules pièces qui donnent lieu à des assemblages coniques, il est bon d'avoir une inclinaison générale pour tous les cas, afin de rendre aussi peu nombreux que possible le matériel en *lames d'alésoir coniques.*

Nous avons trouvé que, de tous les assemblages à embases coniques, ceux qui présentent le plus d'avantage comme solidité, économie de main-d'œuvre, etc., correspondent à une inclinaison de 1/15.

A 1/10, l'inclinaison est trop forte, l'alésage est difficile et le serrage moins bon ; à 1/20 c'est le contraire, le serrage se fait trop facilement et le fer se passe à la filière dans le tron conique.

X. Guides.

Les guides sont des appareils destinés à maintenir rectiligne le mouvement longitudinal d'une tige.

On distingue plusieurs espèces de guides suivant l'importance de la tige qu'il faut maintenir dans sa ligne de mouvement.

Pour tiges de tiroirs on emploie le guide représenté (fig. 110). C'est tout simplement une pièce de cuivre percée d'un trou dont le diamètre est égal à celui de la tige à guider.

Pour tige de soupapes, l'appareil est en fonte et muni d'un petit manchon en cuivre dans lequel se meut la tige et pouvant se changer facilement (fig. 109).

Pour tige de piston à vapeur, la forme des guides varie singulièrement suivant la disposition et la puissance de la machine.

Pour machine horizontale au-dessous de 10 chevaux on emploie un support ordinaire à deux coussinets comme pour un arbre de rotation.

A dix chevaux et au-dessus, on emploie deux barres parallèles et une traverse (fig. 111 et 112).

Dans les locomotives on se sert avec avantage des glissoirs et glissières (fig. 117 et 118).

Dans les machines à cylindre vertical, sans balancier, on se sert d'un ou deux galets (fig. 119 et 120) mobiles dans des coulisses. Dans plusieurs machines on a préféré les glissoirs et glissières aux galets, parce que l'effet de ces derniers, sur les joues de la coulisse, est le même que celui des glissoirs, s'ils n'ont pas un jeu suffisant pour pouvoir ne toucher que d'un côté.

Dans les machines à balancier on emploie le parallélogramme dit parallélogramme articulé de Watt, c'est le cas des machines très puissantes ; quelquefois, mais bien plus rarement, le parallélogramme d'Olivier Evans.

Le premier, qui est le plus employé, ne gouverne pas la tige rigoureusement en ligne droite; il fait décrire à son extrémité une courbe dite, à cause de sa forme, courbe à longue inflexion, qui se rapproche tellement d'une droite que, en pratique, la différence est insensible.

Le parallélogramme d'Olivier Evans guide la tige parfaitement en ligne droite, mais il nécessite que l'axe principal du balancier, outre un mouvement circulaire alternatif sur lui-même, puisse en prendre un rectiligne alternatif. Il faut alors placer cet axe sur un support mobile, ce qui nuit à la solidité de la machine tout en la compliquant inutilement; aussi ce parallélogramme est-il fort peu employé.

Il est bien évident que ce système composé d'articulations, dans lequel les mouvements autour des points de rotation sont peu étendus, entraîne des frottements bien moindres que les systèmes à glissières, à frottement de glissement; pour de puissantes machines surtout ces systèmes séduisant par leur simplicité ne seraient pas admissibles.

Il est bon de tenir compte également des vibrations et ébranlements qui résultent souvent de la disposition de ces guides à une grande hauteur, mais ceci rentre dans l'examen des dispositions d'ensemble des machines, dont nous traiterons ci-après.

Nous n'avons plus à donner ici la démonstration des propriétés du parallélogramme articulé; on les trouvera à l'article DIFFÉRENTIEL (MOUVEMENT). Nous renverrons également à cet article pour la démonstration de ce fait, qu'il existe sur le parallélogramme un second point qui, comme le sommet, l'extrémité, peut servir à guider une tige en ligne droite. Ce point sert en général pour attacher l'extrémité de la tige de la pompe à air.

Le sommet du parallélogramme de Watt, le seul dont nous parlions ici, qui guide la tige du piston, décrit, comme nous l'avons déjà dit, une courbe dite courbe à longue inflexion, qui se rapproche suffisamment d'une ligne droite; les écarts restent dans les limites permises par l'élasticité des pièces, à la condition toutefois que les diverses parties du système soient convenablement déterminées. Ainsi, en donnant au balancier, comme on le fait ordinairement, une longueur égale à trois fois la longueur de la levée du piston, la déviation de la tige est de 2,5 millimètres.

Le parallélogramme de Watt se compose de cinq parties principales, savoir :

Deux grandes chapes, deux chapes de pompes à air, deux guides, deux contre-guides, une lunette.

Les grandes chapes se construisent d'après les mêmes principes que les chapes de bielles. Elles n'en diffèrent que par les dimensions, mais les formes et épaisseurs principales sont les mêmes. Entre les deux coussinets intermédiaires est un remplissage tantôt en fonte, tantôt en cuivre, au goût des constructeurs. Les chapes de pompes à air diffèrent des grandes chapes en ce qu'elles portent trois axes dont un, celui de la lunette, n'a pas besoin de coussinets. A cet effet, elles affectent la même forme que les précédentes, seulement renversée, et ont la tête munie d'un prolongement, en forme de levier, venant recevoir l'axe de la pompe à air dans une tête ronde située à l'extrémité.

La lunette est un axe au milieu duquel est ménagé un vide au travers duquel passe la tige de la pompe à air, de là le nom de lunette.

Nous renverrons également à l'article DIFFÉRENTIEL (MOUVEMENT) pour la démonstration du principe sur lequel repose le parallélogramme d'Olivier Evans, qui ne figure plus aujourd'hui dans aucune machine à vapeur de construction moderne. En effet, même en obtenant le petit mouvement rectiligne que doit prendre l'axe du balancier à l'aide d'une articulation autour d'un point fixe, ce système, où rien en quelque sorte n'est fixe, devient bientôt incapable d'un bon service. Applicable seulement aux faibles machines, il ne vaut pas les glissières avec ou sans galets dont nous avons parlé ci-dessus. Il consomme bientôt à peu près autant de travail en frottements, sans avoir tous les avantages de simplicité et de solidité qu'offrent ces derniers, presque exclusivement employés aujourd'hui dans la pratique de l'industrie pour les machines d'une faible puissance.

XI. Balanciers.

On donne le nom de balanciers à de grandes pièces longues, mobiles, portées sur un axe placé en leur milieu, dont les extrémités sont animées d'un mouvement circulaire alternatif.

Les balanciers s'emploient pour transmettre le mouvement rectiligne alternatif d'une tige à d'autres tiges ou à une bielle, et réciproquement.

On distingue deux formes principales de balanciers, savoir :

Le balancier droit (fig. 133, 134, 135, 136, 137 et 138), qui s'emploie dans les machines à cylindre vertical, dites machines à balancier.

Le balancier à trois branches (fig. 144), qui s'emploie pour machines horizontales transmettant le mouvement à une tige de pompe; ce dernier ne se rencontre guère que dans les mines.

Le premier est tantôt d'une seule pièce, tantôt de deux, appelées *flasques* ; le second est généralement à deux flasques, ce qui simplifie l'assemblage de ses tourillons extrêmes avec les têtes des tiges de communication.

Balanciers à une flasque.—Ces balanciers s'emploient généralement pour les machines dont la force est au-dessous de 100 chevaux; cela tient à ce que, dans beaucoup d'usines, on n'a pas de fourneaux assez grands pour couler des balanciers de cette force en une seule flasque. On pourrait croire que la question des transports est pour quelque chose dans l'emploi des balanciers à deux flasques; mais il n'en est rien, attendu que, si on veut qu'un balancier à deux flasques arrive sain et sauf à destination, il faut avoir soin de l'assembler avant de l'expédier, même quand les flasques doivent voyager verticales. Il résulte de là qu'il n'y a pas de raison sérieuse pour ne pas faire tous les balanciers à une seule flasque.

Parmi les balanciers à une flasque, on distingue :

Les balanciers à têtes plates ;

Les balanciers à boules.

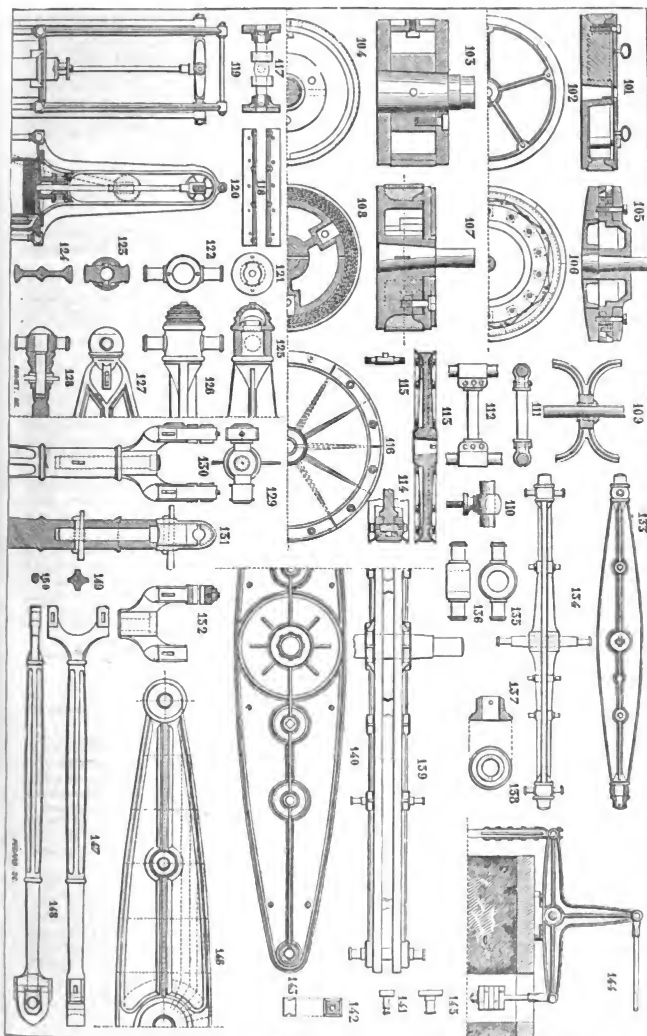
Les balanciers à têtes plates (fig. 139 et 140) consistent en une plaque de fonte aussi mince que possible, munie, de distance en distance, de renflements dans lesquels sont pratiqués les trous où se logent les axes. Le contour extérieur de la plaque représente deux paraboles dont les foyers sont très rapprochés des sommets (forme du maximum de résistance d'une pièce soutenue en son milieu), lesquels sont situés en regard l'un de l'autre au milieu du balancier ; des nervures de formes variées relient ensemble les divers renflements de part et d'autre et, de plus, règnent tout autour de manière à donner à la flasque une certaine résistance à la rupture transversale.

Les balanciers à boule diffèrent des précédents en ce que les tourillons extrêmes sont mobiles autour d'un axe (fig. 133 et 134) formant l'extrémité du balancier.

Cette disposition a pour but d'éviter la rupture de l'une des pièces d'assemblage, dans le cas où le plan du mouvement du balancier n'est pas exactement le même que celui des tiges ou bielles avec lesquelles il communique.

Il existe plusieurs modes d'assemblage des tourillons extrêmes avec le balancier; dans tous, ils font saillie sur un manchon en fer forgé avec.

 MACHINE A VAPEUR.



Dans les fig. 133, 134, 135, 136, 137 et 138, le manchon est maintenu en place par une virole et un goujon en fer. — Les fig. 125, 126, 121 et 122 représentent un emmanchement dit à baïonnette. — Enfin les fig. 117, 128, 123 et 124 représentent un emmanchement à axe mobile et clavettes qu'employait M. Edwards, à Chaillot.

De tous ces emmanchements, celui des fig. 133 et 134 nous paraît le meilleur et le plus économique.

Balanciers à deux flasques. — Les balanciers à deux flasques sont moins employés que les précédents; ils exigent évidemment plus de travail, d'ajustement, coûtent par suite plus cher sans procurer d'avantage spécial, au contraire en présentant des chances d'altération de forme extrêmement nuisibles. Ces balanciers (fig. 139 et 140) sont tous à têtes plates; les axes sont tantôt à un seul, tantôt à deux tourillons, suivant que l'assemblage a lieu avec une bielle ou un parallélogramme.

Les flasques sont reliées entre elles au moyen de boulons carrés à deux écrous et d'entretoises en fonte A; les trous des boulons dans les flasques étant ronds et du même diamètre que les parties taraudées, par conséquent plus petits que le corps des boulons, il en résulte que l'un des deux écrous peut se desserrer et s'en aller sans que l'autre en fasse autant et expose ainsi l'entretoise à tomber sur la tête de quelqu'un.

Calculs du balancier. — Le balancier est doué d'un mouvement circulaire alternatif.

Il est supporté en son milieu par un axe.

Il reçoit son mouvement de la tige du piston par un axe situé à l'une de ses extrémités et communique le mouvement à la bielle par un axe situé à l'autre extrémité.

Il possède, en outre, aux deux quarts de sa longueur deux axes servant à mouvoir l'un la pompe à air, l'autre les pompes d'alimentation.

Sa longueur est égale à trois fois la course du piston, donc six fois le diamètre du cylindre sans détente à condensation.

Diamètres des tourillons des axes.—Les diamètres des tourillons des axes du balancier se déterminent d'après les considérations suivantes :

Le diamètre de la tige du piston étant égal au dixième du diamètre du cylindre à basse pression, la tige du piston supporte une charge de pression et de traction alternatives, égale à $103^k,3$, net 105^k par centimètre carré de section. Si d représente son diamètre en centimètres, elle supporte une charge représentée par

$$105 \times 0.785\ d^2 = 82,5\ d^2.$$

Tourillons des axes extrêmes.—Soit δ le diamètre des tourillons de l'axe extrême du balancier, si on le calcule par la formule de Robertson :

$$\delta = 3,2\left(\frac{9}{14} \times Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

Dans laquelle Q est la charge totale supportée par l'axe en quintaux métriques, on obtient en substituant :

$$\delta = 2,6\ d^{\frac{2}{3}} \qquad (a).$$

Si, au contraire, on le calcule par la formule

$$P\ l = \frac{R\,\pi\,r^3}{4} = \frac{R\,\pi\,\delta^3}{32}$$

relative aux pièces rondes encastrées par une extrémité et dans laquelle on a :

P, charge quintuplée $= 1/2\ 82,5\ d^2 \times 5 = 206,25\ d^2$;

l, longueur extérieure de l'axe $= 2,5\ \delta$ environ.

R, coefficient pour le fer $= 6,000$.

$\pi = 3,1415926$.

On obtient ,

$$\delta = 0,935\ d. \qquad (b).$$

Pour déterminer laquelle des deux formules (a) et (b) est la meilleure, posons :

$$2,6\ d^{\frac{2}{3}} = 0,935\ d.$$

Nous en déduisons :

$$d = 21^c,5.$$

Pour $d = 21^c,5$, les deux formules donnent, pour δ, une même valeur, qui est :

$$\delta = 20^c,15.$$

Faisant $d = 1$ centimètre, il vient :

1° Par la formule (a) $\qquad \delta = 2^c,6.$

2° Par la formule (b) $\qquad \delta = 0^c,935.$

Nous en déduisons que, au-dessous de $d = 21^c,5$, les valeurs de δ données par la formule (a) sont plus fortes que celles données par la formule (b).

Remarquant que :

1° La formule (a) est pratique et convient particulièrement aux petits diamètres, en ce sens qu'elle a égard, en les renforçant, aux défectuosités du métal qui, chez ces derniers, se manifestent plus promptement que chez les gros; mais que les dimensions qu'elle donne pour ces diamètres sont trop considérables, comme l'expérience le prouve.

2° Si, dans la formule (a), on remplace le coefficient 2,6 par 2,00, les résultats que l'on obtient sont tout à fait conformes à ceux que l'expérience seule a consacrés.

3° La formule (a), employée pour les gros diamètres, donne des valeurs de δ inférieures à celles que donne la formule (b), qui est théorique, et fait supporter les mêmes charges aux mêmes sections.

Par ces motifs, nous proposons l'adoption de la formule :

$$\delta = 2\ d^{\frac{2}{3}} \ldots\ldots\ldots (c)$$

Pour les diamètres des tourillons extrêmes du balancier, jusqu'à la valeur de d, pour laquelle les deux formules (b) et (c) en donnent une même pour δ, et que nous trouvons en posant, comme ci-dessus :

$$2\ d^{\frac{2}{3}} = d$$

Dans laquelle on remplace le coefficient 0,935 de (b) par 1, et d'où on tire :

$$d = 8 \text{ centimètres.}$$

Ainsi, pour $d < 8$ centimètres,

$$\delta = 2\ d^{\frac{2}{3}}$$

Pour $d > 8$ centimètres,

$$\delta = d$$

On obtient ainsi, en ayant soin de remplacer les nombres qui ne sont pas dans la série des diamètres adoptés par ceux de ces derniers qui en approchent le plus :

Diamèt. du cylindre à basse press. D	Diam. de la tige du piston. d	Diamètre des tourillons extrêmes du balancier. δ	Diamèt. du cylindre à basse press. D	Diam. de la tige du piston. d	Diamètre des tourillons extrêmes du balancier. δ
m.	mm.	mm.	m.	mm.	mm.
0,05	5	12 p^r 13,6	0,45	45	55 — 54,6
0,10	10	20 — 20,0	0,50	50	60 — 58,5
0,15	15	25 — 26,2	0,55	55	60 — 62,4
0.20	20	30 — 31,8	0,60	60	65 — 66,0
0,25	25	35 — 36,8	0.65	65	70 — 69,6
0,30	30	40 — 41,6	0,70	70	75 — 73.2
0,35	35	45 — 46,1	0,75	75	75 — 76,6
0,40	40	50 — 50,4	0,80	80	80 — 80,0

 MACHINE A VAPEUR.

Tourillons de l'axe du milieu. En ce qui concerne le diamètre du tourillon de l'axe qui supporte le balancier, la charge sur cet axe se compose de :

1° La charge sur l'axe du cylindre à vapeur;
2° La charge sur l'axe de la bielle;
3° La charge sur les axes des pompes;
4° Le poids du balancier.

Les deux premières charges sont égales, chacune à la charge, sur la tige du piston à vapeur. Si on évalue à une fois cette même charge les deux dernières charges du balancier, il en résulte que l'axe du milieu doit supporter une charge égale à trois fois celle que supportent les axes extrêmes. On a alors les formules :

1° Tourillons des axes extrêmes en fer :

$$\delta = 3,2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

2° Tourillons de l'axe du milieu en fer :

$$\delta' = 3,2 \left(\frac{9}{14} 3 Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

D'où :

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Et $\delta' = 1,444\ \delta$

En nombres ronds : $\delta' = 1,44\ \delta$ . . . (*d*).

Tourillons des axes des pompes. En ce qui concerne les tourillons des axes des pompes, il est d'usage de leur donner pour diamètre la moitié de celui du gros axe. On a donc :

$\delta'' = 0,5\ \delta$. . . . . . . (*e*).

Dimensions du balancier. Les dimensions des autres parties du balancier se déterminent de la manière suivante :

Largeur et épaisseur. En ce qui concerne l'épaisseur et la largeur *maxima* du balancier, on a la formule :

$$5 P l = \frac{R a l^2}{6}$$

Dans laquelle :

$5 P = 5 \times 82.6\ d^2$
$l = 3 D = 30\ d$
$R = 2800$ pour la fonte,
$a = 0,5\ d$ épaisseur par expérience,
b = largeur inconnue.

On en déduit :

$$b = 7,27\ d = \frac{7,27}{30} l = \frac{1}{4,13} l$$

En nombres ronds, $b = \frac{1}{4} l = \frac{1}{8}\ 2\ l$. . . . (*f*).

C'est-à-dire $\frac{1}{8}$ de la longueur.

Les trois dimensions du balancier exprimées en fonctions de D et *d* sont donc :

DIMENSIONS.	En fonction du diamètre du cylindre. D	En fonction du diamètre de la tige du piston. d
Longueur.	6,00	60,0
Largeur.	0,75	7,5
Épaisseur.	0,05	0,5

Moyeux des axes. Le diamètre intérieur du moyeu, qui est le diamètre du corps des axes, est égal à 1,2 fois le diamètre des tourillons de ces axes. L'épaisseur de la fonte autour est égale au diamètre du tourillon; le diamètre extérieur du moyeu est donc égal à

$1,2 \times 1 \times 2 = 3,2$ fois le diamètre des tourillons de leur axe.

L'épaisseur des moyeux est au moins égale à deux fois le diamètre du tourillon correspondant. Comme il est nécessaire que les moyeux des axes des pompes fassent saillie sur les nervures, on leur donne les mêmes épaisseurs qu'aux moyeux extrêmes. En voici, du reste, le tableau.

ÉPAISSEUR DES		
Moyeux des axes extrêmes.	Moyeux des axes des pompes.	Moyeu de l'axe du milieu.
2,4 δ.	2,4 δ'.	2 δ'

L'épaisseur 2,4 δ' des moyeux des axes extrêmes est égale à la largeur des T des tiges.

Nervures. L'épaisseur totale des nervures ne doit pas dépasser 2 *d*, y compris l'épaisseur du balancier.

Les fig. 1 et 2 (pl. 9) représentent un balancier dessiné, d'après ces principes, en dimensions proportionnelles.

XII. Bielles.

Les bielles sont des verges inflexibles, dont les extrémités sont généralement donées de mouvements différents, ce qui rend oscillatoire le mouvement du corps; elles sont de plus successivement soumises aux deux efforts de traction et d'écrasement, dans le sens de leur longueur.

Suivant l'espèce de machine dans laquelle elles doivent figurer, les bielles affectent plusieurs formes différentes; de plus, elles se construisent, tantôt en fonte, tantôt en fer.

Aujourd'hui, les bielles en fonte ne sont presque plus employées que pour les machines fixes à balancier; dans tous les autres cas, elles sont en fer.

§ 1er. *Bielles en fonte.* Les bielles en fonte (fig. 147, 148) sont généralement à fourchette; quelquefois, quand le balancier est à deux flasques, on préfère, si la chose est possible, les faire à deux têtes; mais cela est rare.

L'assemblage de la fourchette A avec les tourillons de l'axe extrême du balancier, se fait au moyen de chapes, coussinets et clavettes.

Le corps B de la bielle, au lieu d'être plein, comme dans les bielles en fer, a pour section (fig. 149) quatre nervures, décroissant paraboliquement depuis le milieu jusqu'aux extrémités, qui ont pour but de rendre nul le fouettement qui résulterait infailliblement du mouvement oscillatoire de cette pièce, si elle était cylindrique et d'un diamètre moindre, quoique pleine.

La tête C de la bielle se fait quelquefois à chape et coussinets rapportés; mais le plus souvent elle se coule avec le corps même. Elle porte un évidement suffisamment grand pour loger les coussinets et permettre leur enlèvement facile; elle se relie au corps par une partie légèrement conique, à section circulaire ou ovale, suivant le cas. Cette partie est d'une longueur suffisante, pour que la manivelle passe au-dessous de la baguette qui indique l'origine du corps.

La bielle étant souvent exposée à un effort de torsion, par suite du déplacement ou de la mauvaise pose des supports de l'arbre du volant, M. Edwards, l'habile ingénieur de l'ancien établissement de Chaillot, construisait sa bielle en deux parties (fig. 129, 130, 131 et 132), la fourchette et le corps reliés entre elles par un boulon en fer, qui permettait au corps de tourner sur lui-même pendant le mouvement de la machine.

Sans nous prononcer positivement contre cette disposition coûteuse, nous pensons qu'il est préférable, pour la solidité de l'ensemble, de faire en sorte qu'il n'y ait pas à craindre l'effort de torsion dont elle a pour but de détruire l'effet.

§ 2. *Bielle en fer.* La bielle en fer est tantôt à deux têtes, tantôt à une tête et une fourchette, comme la bielle en fonte.

La fourchette qu'emploient encore quelques mécani-

ciens, sans qu'il y ait nécessité, non seulement coûte fort cher, mais encore expose la bielle à se rompre par flexion à l'origine du corps du côté où elle se trouve. Depuis longtemps elle a été abandonnée par les constructeurs habiles pour tous les cas où elle n'est pas indispensable, et réservée seulement pour les petites machines, dans lesquelles la tige du piston est guidée par un support ou tout autre appareil qui rend impossible l'assemblage avec une tête de bielle.

Les têtes de la bielle en fer sont tantôt rapportées, tantôt forgées avec le corps. Dans le premier cas, ce sont des chapes, coussinets et clavettes qui les forment; dans le second cas, ce sont des renflements évidés intérieurement pour recevoir des coussinets serrés par une clavette.

Pendant longtemps, on a donné aux bielles des locomotives la forme ronde légèrement renflée au milieu. Ces bielles présentaient le grave inconvénient de casser près de la grosse tête, pour peu qu'il y eût du grippement dans les coussinets des coudes de l'essieu moteur. MM. Sharp et Roberts, et, après eux, tous les constructeurs, ont substitué à cette disposition vicieuse la bielle dite plate, qui a donné d'excellents résultats. Depuis MM. Allcard et Buddicom ont été plus loin. Si l'on n'avait plus à craindre la casse des bielles, on avait encore à craindre la chute des clavettes qui entraîne avec elle celle d'une tête, et peut amener des accidents. Pour éviter cela, ils ont forgé les têtes avec le corps. Ces bielles ont une grande analogie avec les guides des parallélogrammes; la forme seule est changée.

Dans les machines à balancier pour bateaux, la bielle se compose de deux parties, savoir : une traverse à deux têtes assemblées chacune avec l'extrémité d'un des balanciers, et un corps terminé, d'une part, par une tête ordinaire à chape, coussinets et clavettes, qui s'assemble avec le bouton des manivelles motrices; d'autre part, par une partie cylindrique avec une base qui va se loger dans une douille pratiquée au milieu de la traverse.

Cette disposition nous paraît dangereuse, en ce sens qu'il existe un endroit où la bielle peut casser, à savoir la partie inférieure du corps. Nous pensons qu'on arriverait à éviter cette chance de casse en reliant les extrémités du balancier par un même axe assemblé en son milieu à la bielle par une tête ordinaire.

XIII. Manivelles.

Les manivelles sont des pièces donées d'un mouvement circulaire continu autour de l'axe d'un arbre auquel elles sont fixées et auquel elles transmettent un effort de torsion, qu'elles reçoivent d'une bielle, par l'intermédiaire d'une pièce, appelée *bouton* de la manivelle, qui décrit une circonférence plus ou moins grande autour de l'axe de rotation.

D'après la définition du mode d'action de la manivelle, on voit que le plan du mouvement du bouton doit être perpendiculaire à l'axe. A cet effet elle se compose d'une plate-forme en fonte terminée d'une part par un moyeu, destiné à recevoir l'extrémité de l'arbre avec lequel elle s'assemble, et, d'autre part, par une tête destinée à recevoir le bouton.

Le corps de la manivelle est tantôt en fonte, tantôt en fer; le bouton est toujours en fer.

Les manivelles en fer forgé présentent sur celles en fonte l'avantage de tenir moins de place et de ne pas se rompre sous l'influence d'un choc; mais elles coûtent plus cher.

Quelque soin que l'on apporte dans le montage d'une machine pour mettre l'axe de l'arbre moteur perpendiculaire au plan du mouvement, il est rare qu'il n'y ait pas toujours un peu de gauche, soit parce que le monteur s'est trompé, soit parce qu'il survient des tassements au bout de quelque temps dans les maçonneries fraîches.

Il en résulte que quelques constructeurs donnent à leur bouton la forme sphérique ou légèrement ovale au lieu de celle cylindrique que nous avons indiquée.

Sans nous déclarer positivement contre ces dispositions qui peuvent avoir pour conséquence l'affaiblissement du bouton, si on ne le fait pas d'une grosseur proportionnée, nous préférons le bouton cylindrique par la raison suivante :

Lorsqu'il y a du gauche dans l'arbre par rapport au plan du mouvement, ce n'est pas seulement sur le bouton de la manivelle qu'il influe, c'est encore sur la fourchette de la bielle et les tourillons du balancier. En effet, si le bouton sort du plan du mouvement, quand la manivelle est verticale, la bielle s'incline sur ce plan et la fourchette tire verticalement d'un côté et pousse de l'autre le tourillon extrême du balancier.

Si le bouton sort du plan du mouvement, quand la manivelle est horizontale, la fourchette de la bielle agit horizontalement sur le tourillon du balancier comme elle avait agi verticalement dans le premier cas.

Il faut donc non seulement un bouton de manivelle sphérique pour éviter l'influence du gauche, mais encore une bielle articulée et un balancier à boule, toutes pièces qui coûtent fort cher.

Pour ces diverses raisons, nous préférons conserver à ces pièces leurs formes primitives et rendre les supports de l'arbre moteur solidaires de la machine, ce que nous obtenons facilement en montant le tout sur une seule et même plaque de fondation.

La longueur de la manivelle est égale au diamètre du cylindre sans détente à condensation.

Dimensions du bouton. — Le diamètre du bouton se détermine de la manière suivante :

La charge à laquelle il est soumis est double de celle à laquelle est soumis chacun des tourillons de l'axe extrême du balancier; il suffit donc de poser :

1° Tourillon du balancier

$$\delta = 3{,}2\left(\frac{9}{14}Q\right)^{\frac{1}{3}};$$

2° Tourillon de la manivelle

$$\delta' = 3{,}2\left(\frac{18}{14}Q\right)^{\frac{1}{3}};$$

d'où

$$\delta' = \delta\sqrt[3]{2} = 1{,}26\,\delta.$$

La valeur de δ a été donnée précédemment.

Quant à la longueur du bouton, elle varie suivant la nature du métal de la bielle.

Quand la bielle est en fonte, la longueur du bouton est $1{,}5\,\delta$; à cause de la tête qui a besoin d'une certaine force.

Quand la bielle est en fer, le tourillon de la manivelle se logeant dans une chape à coussinets ordinaire n'a que $1{,}2\,\delta$ de long.

Pour déterminer le diamètre du trou du moyeu, qui doit être au moins égal à celui des tourillons de l'arbre du volant, nous remarquons que cet arbre est exposé à la torsion, tandis que le bouton n'est exposé qu'à l'effort de traction transversale. Nous allons examiner les deux cas d'un arbre du volant en fer et d'un arbre du volant en fonte.

1° *Arbre du volant en fer.* On a pour déterminer le diamètre du tourillon de l'arbre, la formule de Robertson :

$$D^3 = 2{,}3\frac{A}{n}\frac{9}{14}\ (1)$$

dans laquelle D représente le diamètre cherché, A la quantité d'action à transmettre par minute en kilogrammètres, et n le nombre de tours de l'arbre par minute.

Si R est le rayon de la manivelle, et Q la charge sur le bouton, rapportée tangentiellement à la circonférence, on a : travail transmis par minute $A = 2\pi R n Q$.

Pour déterminer le diamètre du bouton, nous pouvons poser comme précédemment :

$$\delta' = 3,2\left(\frac{9}{14}Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

Q étant alors la charge totale sur le bouton :

$$Q = \frac{14\ \delta'^3}{32,8 \times 9}$$

d'autre part on a $Q = \frac{A}{2\pi R n}$,

en égalant ces deux valeurs de Q, on en déduit

$$A = \frac{2\pi R n \times 14\ \delta'^3}{3,28 \times 9}$$

remplaçant A par cette valeur dans l'expression (1) et réduisant, il vient :

$$D = 0,76\ \delta'\ \sqrt[3]{R}$$

formule dans laquelle D, δ' et R sont exprimés en centimètres.

Le nombre de tours n ayant disparu, on voit par là que le rapport entre D et δ' est le même, quelle que soit la vitesse.

2° *Arbre du volant en fonte.* Dans ce cas, il n'y a de changement que dans la formule donnant D, qui devient

$$D = 2,3\ \frac{A}{n}$$

et on a $$D = 0,88\ \delta'\ \sqrt[3]{R}$$

Si nous appliquons cette formule à quelques cas particuliers, nous trouvons :

Rayons de la manivelle.	Diamètres du bouton.	Diamèt. minima de l'arbre	
		en fer.	en fonte.
c. m.	Nombr. abstr.	Nombr. abstr.	Nombr. abstr.
5	1	1,30	1,50
10	1	1,80	1,79
15	1	1,90	2,17
20	1	2,10	2,38
25	1	2,22	2,57
30	1	2,36	2,74
35	1	2,50	2,87
40	1	2,60	3,02
45	1	2,70	3,13
50	1	2,80	3,25
55	1	2,90	3,35
60	1	3,00	3,45
65	1	3,05	3,54
70	1	3,14	3,63
75	1	3,21	3,72
80	1	3,30	3,80
85	1	3,35	3,87
90	1	3,40	3,95
95	1	3,47	4,01
100	1	3,54	4,08
110	1	3,65	4,20
120	1	3,75	4,35
130	1	3,85	4,46
140	1	3,95	4,58
150	1	4,05	4,69
160	1	4,14	4,78
170	1	4,22	4,89
180	1	4,30	4,96
190	1	4,37	5,08
200	1	4,45	5,15

La largeur et l'épaisseur de la manivelle peuvent se calculer comme celles du balancier ; mais on arrive à un résultat trop faible, attendu que la manivelle est

MACHINE A VAPEUR.

sujette à des vibrations qui tendent constamment à la rompre, et nécessitent une augmentation de force que la pratique seule indique.

XIV. Arbres.

Ce sont des pièces destinées à transmettre un mouvement de rotation autour d'un axe.

Les arbres sont en fonte ou en fer. Ces derniers sont généralement préférés pour de petites forces à transmettre, ou pour de grands chocs à supporter.

Les arbres sont tantôt à section circulaire, tantôt à section polygonale, au choix du constructeur ; ils sont munis, de distance en distance, de parties cylindriques dont les unes, en saillie, sont les portées des roues, volants ou autres pièces montées sur les arbres, les autres, en retraites, sont les tourillons au moyen desquels on assemble les arbres avec leurs supports.

Les arbres ont à résister à la torsion ; c'est pourquoi, dans certains cas où le diamètre peut être fort sans inconvénient, on les fait creux.

Ils ont aussi quelquefois à résister à la pression, lorsqu'ils supportent la charge d'engrenages lourds ou d'une roue hydraulique.

Dans le cas de résistance à la torsion seulement, le diamètre des tourillons se calcule au moyen de l'une des deux formules suivantes données par M. Robertson, savoir :

pour la fonte

$$d = 1,32\sqrt[3]{\frac{A}{n}}$$

pour le fer

$$d' = 1,14\sqrt[3]{\frac{A}{n}}$$

dans lesquelles A représente la quantité d'action, en kilogrammètres, transmise par minute, n le nombre de tours de l'arbre dans le même temps, d et d' les diamètres extérieurs exprimés en centimètres.

En général, ces formules donnent des résultats plus forts que ceux que l'on constate sur des arbres fonctionnant et transmettant des quantités d'action connues, quand les forces dépassent 20 chevaux ; néanmoins, il n'y a aucun inconvénient à les employer, si ce n'est que le poids des arbres est supérieur à ce qu'il pourrait être sans inconvénient.

Dans le cas de résistance à la pression seulement, le diamètre des tourillons se calcule au moyen de l'une des deux formules suivantes données par M. Robertson, savoir :

pour la fonte

$$D = 3,2\ Q^{\frac{1}{3}},$$

pour le fer

$$D = 2,76\ Q^{\frac{1}{3}},$$

dans lesquelles Q représente la charge totale supportée par les deux tourillons, exprimée en quintaux métriques, et D le diamètre des tourillons en centimètres.

On est dans l'usage d'ajouter au diamètre un huitième en sus du résultat obtenu, pour l'usé.

Les valeurs de D obtenues par les formules sont aussi trop fortes lorsque la machine dépasse 20 chevaux.

Quand les deux tourillons ne sont pas également chargés, Q doit exprimer le double de la charge qui pèse sur le tourillon le plus chargé.

Quand la longueur d'un arbre est petite, on ne calcule pas sa section ; elle est la même que celle du tourillon ou celle d'un polygone régulier circonscrit à ce tourillon. Mais si cette longueur est égale à 12 fois le diamètre des tourillons, alors il faut avoir recours à la formule suivante :

$$\frac{Pm\ n}{l} = \frac{R\pi r^3}{4}$$

dans laquelle on représente par P, 3, 4 ou 5 fois la charge supportée par l'arbre, suivant sa nature, en kilogrammes.

l, la distance entre les tourillons, en centimètres.

m, *n*, les distances, en centimètres, du point chargé aux tourillons, d'où $m + n = l$.

R, un coefficient de résistance, qui est

Pour le fer. . .	6000
Pour la fonte. .	2800
Pour le chêne. .	690
Pour le sapin. .	640

r, le rayon du cercle inscrit, dans le périmètre de l'arbre, exprimé en centimètres.

Lorsque les arbres sont en bois, les tourillons sont toujours en métal.

Les tourillons en fer se construisent de la manière suivante : on fait dans l'arbre une entaille dans laquelle on loge le tourillon, consistant dans une barre de fer carrée, recourbée d'une part, et terminée, de l'autre, par une partie ronde, puis on remplit le vide avec du bois, et on serre par des frettes en fer posées à chaud sur l'arbre rendu conique à ses extrémités.

Quand les arbres métalliques sont pleins, les tourillons font corps avec eux ; mais quand ils sont creux, et surtout d'un grand diamètre, il est de toute nécessité de faire les tourillons à part ; alors l'assemblage se fait à brides comme pour les tuyaux.

Les assemblages des arbres bout à bout se font au moyen de manchons ou de prisonniers.

Quand les arbres sont ronds on emploie le manchon composé de deux joues égales assemblées à boulons.

Quand les arbres sont carrés on emploie le manchon carré à deux faces analogue au précédent.

Quand on veut établir et interrompre à volonté la communication entre deux arbres, on emploie les embrayages.

XV. Volants.

Les volants ou régulateurs sont des pièces destinées à rendre régulière la vitesse de rotation. Ils se composent d'une masse de fonte annulaire d'un diamètre suffisant, appelée jante, montée sur l'arbre de la manivelle par l'intermédiaire de plusieurs bras et d'un moyeu.

On distingue en construction plusieurs espèces de volants, savoir :

Les volants d'une seule pièce.

Les volants de plusieurs pièces.

Les volants articulés.

Les premiers s'emploient pour machines à vapeur jusqu'à 12 chevaux, force pour laquelle ils ont 3 mètres de diamètre.

Pour forces au-dessus de 12 chevaux, on emploie avec avantage les volants en deux ou trois morceaux. Ces derniers se moulent comme pour être coulés d'une seule pièce, puis au moment de fermer le moule, on établit des séparations dans les noyaux d'assemblage, au moyen de plaques de tôle disposées à cet effet.

Ces volants, outre qu'ils coûtent fort peu d'assemblage, ont le grand avantage de pouvoir se transporter facilement.

L'assemblage des portions des jantes se fait au moyen d'un tirant et de deux clavettes en fer. L'assemblage des portions de moyeu se fait au moyen de deux *frettes* placées de chaque côté, en dehors.

Les volants articulés s'emploient pour les grandes machines. Ces volants non seulement coûtent fort cher d'assemblage, mais encore sont dangereux, en ce qu'ils ne présentent pas la même garantie de liaison intime des pièces que les précédents.

Dans ces volants, la jante est coulée en plusieurs morceaux ; chaque bras est coulé séparément et le moyeu est coulé seul.

L'assemblage de ces diverses pièces entre elles doit être tel que :

1° La jante ne puisse s'échapper des bras et causer des accidents ;

2° L'ajustage des points de contact coûte le moins cher possible.

On fait aussi des volants dont les bras sont coulés avec le moyeu. L'assemblage des portions de jantes entre elles est, comme nous l'avons dit plus haut, à tirants et clavettes ; seulement, ici, les bras n'étant pas d'une seule pièce avec la portion de jante correspondante, la résistance de cet assemblage doit être beaucoup plus forte. Les assemblages des bras avec la jante sont à queue d'hironde.

On détermine le poids du volant des machines à vapeur par la formule

$$P = \frac{4645\, n\, N}{m\, V^2}$$

dans laquelle on désigne par

P, le poids de l'anneau du volant ;

V, la vitesse de la circonférence moyenne ;

m, le nombre de tours de l'arbre du volant par minute ;

N, la force de la machine en chevaux vapeur ;

et *n*, un nombre variable avec le degré de régularité que l'on veut obtenir ;

On fera

$n = 20$ à 25, pour les machines à vapeur faisant mouvoir des moulins, des pompes, etc.;

$n = 35$ à 50, pour les filatures où l'on fabrique du coton des n°s 40 à 60 ;

$n = 50$ à 60, pour les filatures où l'on file les numéros très fins.

LIVRE II.

Composition des parties des machines à vapeur.

Une machine à vapeur peut se diviser en sept parties principales, savoir :

1° La vaporisation ;
2° La distribution ;
3° Le travail ;
4° La transmission du mouvement ;
5° La condensation ;
6° L'alimentation ;
7° Le bâti.

CHAPITRE Ier. VAPORISATION.

La vaporisation comprend tous les appareils nécessaires pour la transformation en vapeur d'une quantité d'eau donnée, et pour la conduite de cette vapeur jusqu'à la distribution. A cet effet, on distingue dans la vaporisation :

1° Le fourneau ;
2° Le générateur.

Le fourneau comprenant la série des appareils propres à la combustion.

Le générateur comprenant la série des appareils propres à la vaporisation proprement dite.

I. Fourneau.

Le fourneau se compose de trois appareils, savoir :

1° Le foyer où a lieu la combustion ;

2° Les carneaux où a lieu la transmission de la chaleur développée par la combustion ;

3° La cheminée par où a lieu le dégagement des gaz provenant de la combustion.

§ Ier. *Foyer*. — Le foyer est une capacité de forme et de dimension convenables pour recevoir et faire brûler dans un temps donné une quantité déterminée d'un combustible préalablement désigné.

Les combustibles sont au nombre de trois principaux, savoir :

Le bois ;

La tourbe ;

La houille.

Ces combustibles, soumis à la carbonisation, donnent naissance à trois nouveaux combustibles, savoir :

Le charbon de bois ;

Le charbon de tourbe ;

Le charbon de houille ou coke.

Pour les propriétés de ces six combustibles, nous renvoyons aux articles CARBONISATION et COMBUSTIBLES du présent ouvrage. A chacun de ces combustibles correspond une forme de foyer qui est préférable aux autres, néanmoins on peut diviser les foyers en deux catégories, savoir :

Les foyers à flamme droite ;

Les foyers à flamme renversée.

Les foyers à flamme droite consistent en une capacité de forme parallélipipède rectangle, dont la base, nommée grille, est à claire-voie et se compose d'une série de barreaux en fer ou en fonte ; c'est par la grille qu'arrive l'air destiné à alimenter la combustion. La partie supérieure où l'une des parois latérales est également à claire-voie pour livrer passage à l'air brûlé qui se rend dans les carneaux ; enfin une porte est adaptée à l'une des faces latérales pour permettre l'introduction intermittente du combustible sur la grille. Les résidus de la combustion tombent dans un cendrier.

Les dimensions des foyers varient suivant les combustibles à brûler. En ce qui concerne la houille, on donne à la base ou grille une surface de 15 décimètres carrés, pour chaque 10 kilogr. de combustible à brûler par heure, et on laisse une hauteur de 30 centimètres entre la grille et la partie supérieure du foyer, l'épaisseur du combustible brûlant ne devant jamais dépasser 10 centimètres. En ce qui concerne le coke, on donne à la grille, dans les locomotives, une surface de 2 décimètres carrés, pour chaque 10 kilogr. de combustible à brûler par heure, et on laisse une hauteur de 1 mètre entre la grille et la paroi supérieure du foyer, l'épaisseur du combustible brûlant pouvant être de 60 centimètres.

Les foyers à flamme droite conviennent pour tous les combustibles, excepté le bois.

Les foyers à flamme renversée consistent, comme les premiers, en une capacité de forme parallélipipède rectangle ; mais ils en diffèrent en ce que le mouvement de l'air qui traverse le combustible, au lieu d'être dirigé de bas en haut, est dirigé de haut en bas, de là le nom de foyers à flamme renversée. Ils conviennent spécialement pour le bois. Ce genre de foyer présente l'avantage d'utiliser bien plus complétement que les premiers la quantité d'oxygène qui passe avec l'air à travers le combustible, de plus ils sont fumivores, attendu que le chargement se fait en dessus, c'est-à-dire par l'endroit où arrive l'air, ce qui ne nécessite l'ouverture d'aucune porte et n'amène aucun refroidissement pendant la combustion.

Ces foyers n'ont pas de grille pour retenir le combustible. Le bois est si léger par sa nature qu'il n'obstrue jamais le passage par où doit s'écouler sa flamme ; d'ailleurs, quand les braises sont trop abondantes à sa partie inférieure, on les fait évacuer par de petites portes latérales ménagées à cet effet.

Le foyer à flamme renversée est certainement le meilleur de tous les foyers, malheureusement on ne peut guère en faire usage que pour le bois, parce que les autres combustibles, la houille particulièrement, déposent une quantité de mâchefer qui ne tarde pas à obstruer le passage de la flamme. Il faudrait que l'on pût adapter une grille dans le bas ; mais alors elle brûlerait, n'étant pas, comme précédemment, refroidie par un courant d'air continuel.

§ II. *Carneaux.* — Les carneaux sont des conduits pratiqués, soit à l'entour, soit à l'intérieur des chaudières pour livrer passage à la fumée se rendant du foyer à la cheminée, et établir un contact aussi grand et aussi prolongé que possible entre l'air chaud qui circule et l'eau à vaporiser.

La forme des carneaux varie suivant la forme et la destination des chaudières. Lorsque les carneaux sont extérieurs, le fourneau est généralement en maçonnerie de briques. Lorsque les carneaux sont intérieurs, ils portent le nom de tubes, et le fourneau est généralement métallique et à foyer intérieur, comme dans les locomotives.

Quant aux dimensions des carneaux, il suffit de dire que leur section doit être la plus grande possible, pour que le tirage ne soit pas affaibli, et la plus petite possible pour que tout l'air qui la traverse lèche la surface de chauffe. Il y a donc nécessairement une moyenne à adopter ; pour la déterminer, il faut connaître les résultats des trois questions suivantes, savoir :

1° Quel est le rapport entre la surface totale d'une grille et la section de l'air qui traverse le combustible brûlant sur cette grille ?

2° Quelle est la quantité d'air employée dans un foyer à la combustion de un kilog. de combustible ?

3° Quelle est la température de l'air brûlé sortant du foyer pour entrer dans les carneaux ?

A ces trois questions, on répond jusqu'ici par des suppositions, et on admet que :

1° La surface de la grille est égale, dans les locomotives, à quatre fois la section d'écoulement de l'air au travers du combustible, et, dans les foyers à houille, à cinq fois cette même section.

2° La quantité d'air employé à la combustion de 1k de combustible est égale à 18 mètres cubes environ.

3° La température de l'air brûlé sortant du foyer est de 1200°.

Dans les locomotives, où la section totale d'écoulement de l'air brûlé peut être très grande sans inconvénient, parce qu'elle se compose d'un grand nombre de petites sections partielles, ce qui donne un périmètre considérable à la section des carneaux, on donne à cette section environ les deux tiers de la section adoptée d'écoulement par la grille, c'est-à-dire un sixième de la surface totale de la grille ; la même chose, à peu près, a lieu pour les autres systèmes de fourneaux. Il serait bien difficile de dire si c'est une qualité ou un défaut ; il n'y a que des expériences directes qui pourront éclairer sur ce point resté obscur au milieu de toutes les expériences que l'on a faites sur la combustion. En thèse générale, il est bon de donner aux carneaux une section d'écoulement égale à environ deux fois la section supérieure de la cheminée.

§ 3. *Cheminée.* — On a traité à l'article CHEMINÉE les conditions du tirage par l'air chaud, et à l'article LOCOMOTIVE du tirage à l'aide d'un jet de vapeur.

Remarquons que dans ce cas, on peut utiliser toute la chaleur contenue dans l'air brûlé, pour produire de la vapeur, au lieu de l'abandonner à la cheminée, à 300 ou 400°, comme cela est nécessaire dans les cheminées. Nous ne sommes probablement pas éloignés de l'époque où le tirage mécanique, soit par la vapeur, soit par des ventilateurs à force centrifuge, sera substitué au tirage physique par la cheminée. Il faut, bien entendu, pour qu'il y ait grand avantage, qu'on puisse rendre la surface de chauffe assez puissante pour que la fumée sorte des carneaux de circulation à la température de l'eau dans la chaudière.

II. Générateur.

Nous avons déjà parlé du générateur à l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR ; nous rappellerons seulement qu'il existe trois systèmes de chaudières :

Les chaudières cylindriques à deux bouilleurs pour machines fixes :

La chaudière à foyer et tubes intérieurs pour machines locomotives et locomobiles ;

La chaudière à foyers et conduits intérieurs pour machines de bateaux.

La première de ces trois chaudières exige seule un fourneau en maçonnerie. Les deux autres ont des conduits intérieurs et des parois planes qui, d'après ce que nous avons dit plus haut, sembleraient ne convenir que pour la pression de une atmosphère et demie et plus. Il en est en effet ainsi en ce qui concerne la chaudière en tombeau, qui ne s'emploie que pour machines dites à basse pression; genre de machines qui convient le mieux pour bateaux à vapeur.

Mais les chaudières de locomotives, bien que d'apparence peu susceptibles de supporter une haute pression, se timbrent facilement à cinq et même à six atmosphères quand on ne les éprouve que sous la pression double, comme y autorise l'ordonnance royale du 22 mai 1843 En effet, les tubes sont d'un si petit diamètre (5 centim au plus) qu'ils ne peuvent être déformés par la pression ; d'autre part, toutes les parties plates des boîtes à feu sont reliées deux à deux par des boulons en cuivre espacés de 10 centimètres les uns des autres, et supportant seuls la pression qui tend à déformer ces surfaces.

Dans les chaudières pour machines fixes et pour bateaux, on compte que pour un cheval de force motrice, il faut environ 1 mèt. car., 400 de surface de chauffe.

Pour les chaudières des machines fixes on arrive à peu près à ce chiffre en donnant à la surface totale 2 mètres carrés par cheval, ce qui correspond à 180 ou 200 kilogr. de tôle par cheval à 5 atmosphères.

Pour les chaudières des machines de bateaux, il n'en est pas ainsi; la surface extérieure, loin d'être plus petite que la surface de chauffe, étant beaucoup plus considérable.

CHAPITRE II. DISTRIBUTION.

La distribution comprend :

Les tuyaux d'admission ;

Le distributeur;

Le mouvement du distributeur;

Le modérateur;

Les tuyaux d'exhaustion.

Nous n'avons à parler ici que des dimensions des tuyaux et lumières, les formes de ces différents appareils ayant été envisagées précédemment.

En pratique on a remarqué que :

1° Les tiroirs n'ouvrent pas instantanément les lumières d'introduction, il faut donc que la section de ces lumières soit très grande.

2° La vapeur se refroidit et se condense bien plus rapidement dans des petits que dans des grands tuyaux.

3° Les coudes ralentissent considérablement la vitesse de la vapeur.

Par ces motifs, on donne aux lumières les dimensions suivantes, D étant le diamètre du piston à vapeur :

1° Pour $h = 0{,}76$, basse pression.
Longueur 0,5 D;
Largeur 0,1 D.

Ce qui fait pour section 0,05 D^2.

2° Pour $h = 3^m{,}04$, haute pression.
Longueur 0,6 D;
Largeur 0,1 D.

Ce qui fait pour section 0,06 D^2, d'où pour les tuyaux :

$$d = 0{,}3\ D$$

en nombres ronds.

On donne aux tuyaux d'introduction et d'exhaustion la même section.

MACHINE A VAPEUR.

CHAPITRE III. TRAVAIL.

Le travail comprend : le cylindre à vapeur; le piston à vapeur; la tige du piston.

Nous avons envisagé ces diverses pièces sous le point de vue de leurs formes, nous allons maintenant entrer dans les détails de la détermination du travail de la vapeur qui sert à déterminer le diamètre du cylindre.

Théorie générale du travail de la vapeur.

Nous avons vu précédemment que la formule générale de ce travail était :

$$10{,}000\ P\ V \left(1 + \log.\ \text{hyp.}\ \frac{V_1}{V}\right)^{\text{km.}}$$

Ou en appelant h la hauteur en mètres d'une colonne d'eau fournissant la pression P, v la vitesse du piston correspondant au volume V_1, z un espace quelconque en mètres, parcouru par le piston, $e = 2{,}3026$ le facteur par lequel il faut multiplier un logarithme ordinaire pour le transformer en logarithme hyperbolique, cette formule pourra être mise sous la forme équivalente :

$$T_m = V h \times 1000 \left(1 + \log.\ \frac{v}{z}\ 2{,}3026\right).$$

Discussion des formules. Soit T_m le travail que peut produire un poids P de vapeur.

t_r, le travail absorbé par la résistance qu'oppose le milieu avec lequel communique le côté du piston non soumis à l'action de la vapeur.

t'_r, le travail absorbé par la résistance qu'oppose la mise en mouvement de toutes les parties mobiles de la machine.

T_u, le travail réellement utilisable.

On aura l'équation

$$T_m = t_r + t'_r + T_u$$

Dans laquelle

t_r est proportionnel à la surface du piston et à la pression du milieu opposé à la vapeur.

t'_r dépend entièrement du genre, du système de construction et de la confection de l'appareil.

t_r et t'_r sont donc deux quantités qui se prélèvent préalablement sur T_m avant que T_u ait une valeur quelconque. On déduit de l'équation ci-dessus et de cette remarque :

$$T_u = T_m - (t_r + t'_r).$$

Nous voyons que T_u est un maximum, quand l'expression $t_r + t'_r$ est un minimum.

Dans quel cas l'expression $t_r + t'_r$ est-elle un minimum? Telle est la question à résoudre actuellement.

Les deux quantités t_r et t'_r étant indépendantes l'une de l'autre, cette question se décompose en deux autres, savoir :

Dans quel cas t_r est-il un minimum?

Dans quel cas t_r' est-il un minimum? C'est ce que nous allons examiner successivement.

Si dans l'équation

$$T_m = t_r + t'_r + T_u,$$

nous remplaçons T_m par sa valeur

$$V h \times 1000 \left(1 + \log.\ \frac{v}{z}\ 2{,}3026\right)$$

et faisons

$$t'_r + T_u = T_r$$

Nous obtenons, en résolvant par rapport à T_r:

$$T_r = V h \times 1000 \left(1 + \log.\ \frac{v}{z}\ 2{,}3026\right) - t_r$$

Soient :

h' une hauteur d'eau équivalente à la pression du milieu, opposé à l'action de la vapeur sur le piston.

S la surface du piston, et v sa vitesse comme précédemment.

Le travail absorbé par cette résistance, par seconde, a pour expression le produit de la pression sur le piston par la vitesse.

On a donc :

$$t_r = S \times h' \times 1000 \times v.$$

Remarquant que l'on a :

$$S = \frac{V}{z}$$

Il vient, en substituant cette valeur de t_r dans l'équation générale et mettant $Vh \times 1000$ en facteur commun :

$$T_r = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2,3026 - \frac{v}{z} \frac{h'}{h}\right)$$

Pour que cette valeur de T_r soit un maximum, il faut que la différence entre la partie positive et la partie négative comprise entre parenthèse soit un maximum, et que par conséquent h' (qui représente le plus souvent la pression dans le condenseur) soit un minimum.

Dans quel cas la résistance des parties mobiles de la machine est-elle un minimum ?

Nous avons dit que la résistance des parties mobiles de la machine dépendait du genre, du système de construction et de la confection de l'appareil.

Pour ce qui est du système de construction et de la confection, il est évident que nous ne pourrons établir de données sur le travail absorbé par la résistance des parties mobiles que quand nous aurons étudié les différents systèmes de construction et les différents modes de confection.

Il n'en est pas de même du genre de la machine, et c'est ce que nous allons étudier actuellement.

L'équation du travail :

$$T_r = T_u + t'_r = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2,3026 - \frac{v}{z} \frac{h'}{h}\right)$$

semble au premier abord susceptible de donner autant de genres de machines différentes pour une même valeur de T_r, qu'on peut donner de valeurs différentes aux quantités variables V, h, v, z, h', contenues dans le second membre.

Néanmoins on ne connaît que quatre genres distincts de machines que l'on déduit de l'équation de la manière suivante :

Soit $z = v$, il vient :

$$T_r = Vh \times 1000 \left(1 + 0 - \frac{h'}{h}\right) = V \times 1000\,(h - h')$$

Cette équation est la formule générale des machines dites sans détente; tandis que l'équation ci-dessus est la formule générale des machines dites à détente.

Si, dans ces deux équations, on fait successivement $h = 10^m.32$, $h' < 10^m.32$, on obtient :

1° Pour $h' = 10^m,32$.

La première équation devient :

$$T_u = - t'_r + Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2,3026 - \frac{v}{z} \frac{10^m,32}{h}\right) \qquad (1)$$

C'est la formule des machines *à détente sans condensation.*

La seconde équation devient :

$$T_u = - t'_r + V\,1000\,(h - 10,32) \qquad (2)$$

C'est la formule des machines *sans détente ni condensation.*

2° Pour $h' < 10^m.32$.

La première équation devient :

$$T_u = - t'_r + Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2,3026 - \frac{v}{z} \frac{h'}{h}\right) \qquad (3)$$

C'est la formule des machines *à détente et condensation.*

La seconde équation devient :

$$T_u = - t'r + 1000\,V\,(h - h') \qquad (4)$$

C'est la formule des machines *sans détente à condensation.*

Nous renvoyons pour la discussion de ces formules et pour leur appréciation à l'article qui précède celui-ci.

MACHINES A DEUX CYLINDRES.

Ces machines sont à détente et généralement à condensation. On les nomme aussi machines de Woolf, du nom de leur inventeur. Elles diffèrent des machines à détente ordinaires, en ce qu'il y a un piston qui fonctionne toujours à haute pression, ce qui établit moins de différence entre les pressions au commencement et à la fin de la course; mais elles sont à détente fixe. Une fois le rapport entre les volumes des cylindres établi, la détente est déterminée et reste invariable pour toutes les pressions auxquelles fonctionne l'appareil.

1° *Définition du travail proprement dit.* Le travail se compose de :

Plus le travail de la vapeur agissant à pression constante sur le petit piston, pendant toute sa course ;

Moins la résistance variable opposée au petit piston par la vapeur qui se trouve entre les deux pistons.

Plus le travail de la vapeur agissant à pression décroissante sur le grand piston, pendant toute sa course ;

Moins la résistance constante opposée au grand piston, par la vapeur contenue dans le condenseur.

2° *Calcul du travail. Petit piston, action.* Le travail de la vapeur sur le petit piston est, en représentant le volume du petit cylindre par V :

$$V \times h \times 1000.$$

Résistance. Le dessous du petit piston étant en communication avec le dessus du grand, les pressions qu'opère la vapeur dans les deux sens sont égales de part et d'autre. Or, si h' représente la pression moyenne exercée, la résistance opposée au petit piston, pendant le chemin parcouru c, est :

$$s \times c \times h' \times 1000$$

Et le travail opéré par le grand piston, pendant le chemin parcouru c, est :

$$S \times C \times h' \times 1000$$

S et s étant les surfaces des pistons, $s\,c$ et S C représentent les volumes des cylindres, et on a :

$$s\,c\,h' \times 1000 : S\,C\,h' \times 1000 :: s\,c : S\,C :: V : V'$$

Si R est la résistance opposée au petit piston, et T le travail du grand, on déduit de la proportion ci-dessus :

$$R = T\,\frac{V}{V'}$$

Grand piston, action. Pour déterminer le travail produit par le grand piston, nous allons d'abord démontrer que la détente se fait dans le grand cylindre, exactement de même que lorsqu'il n'y a qu'un seul cylindre.

Pour cela, nous remarquons en premier lieu, que dans l'expression $\log. \frac{v}{z}\,2,3026$ qui s'applique aux machines à un seul cylindre, on peut remplacer $\frac{v}{z}$ par $\frac{V'}{V}$; V' étant le volume total de la vapeur à la fin de

la course et V, comme précédemment, le volume avant la détente.

En effet, on a pour ces machines, S représentant la surface du piston :

$$V = S = z$$

$$V' = S = v$$

D'où
$$\frac{V'}{V} = \frac{v}{z}$$

On peut donc remplacer dans l'expression ci-dessus v et z par V' et V, ce qui donne :

$$\text{Log.} \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Nous allons maintenant démontrer que la dilatation de la vapeur s'effectue, dans deux cylindres, absolument de même que dans un seul.

En effet, soit le volume du grand cylindre égal à quatre fois le volume du petit, soit de plus la course du petit piston divisée en dix parties égales. Quand ce piston avance de 1/10, le volume qu'engendre le grand piston P dans son cylindre est égal à quatre fois le volume engendré par le petit piston, si bien que l'on a le tableau :

Dixièmes dont avance le petit piston.	Volume au-dessous du petit piston.	Volume au-dessus du grand piston.	Total des deux volumes.
0	10	0	10
1	9	4	13
2	8	8	16
3	7	12	19
4	6	16	22
5	5	20	25
6	4	24	28
7	3	28	31
8	2	32	34
9	1	36	37
10	0	40	40

Soit maintenant une détente au 1/4 dans un seul cylindre, et soit divisée en dix parties égales, la portion de la course comprise entre le point de détente et la fin. La détente étant au 1/4, cette portion de la course est égale à trois fois la portion avant la détente, dont chacune des divisions est égale à 3/10 de la portion avant la détente. Nous en concluons que, à partir du point de détente jusqu'à la fin de la course, les volumes engendrés par le piston, aux points de division ci-dessus spécifiés, seront en dixièmes de la portion de la course avant la détente :

10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40,

absolument comme quand on détend avec deux cylindres.

Nous en concluons que le travail du grand piston est :

$$Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Résistance. La résistance opposée par la vapeur du condenseur est, si on représente par h' la pression constante de ce dernier :

$$S \times C \times h' \times 1000$$

Et en remplaçant S C par V' :

$$V' h' \times 1000$$

Récapitulant, nous avons :

MACHINE A VAPEUR.

1° Petit piston $+ V h \times 1000$

2° — $\frac{V}{V'} V h \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$

3° Grand piston $+ V h \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$

4° — $V' h' \times 1000$

Faisant la somme et mettant $V h \times 1000$ en facteur commun, nous obtenons :

$$T_m = V h\, 1000 \left(1 + \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026 \left(1 - \frac{V}{V'}\right) - \frac{V' h'}{V h}\right)$$

Expression qui ne diffère de celle des machines à un seul cylindre que par le facteur $1 - \frac{V}{V'}$ qui, quelque petit que soit $\frac{V}{V'}$ est lui-même toujours < 1 ce qui indique que, dans ces machines, l'effet utile théorique est moindre que dans les machines à un seul cylindre.

En effet, pour une machine à quatre atmosphères, sans condensation, et détendant au 1/4 on a, d'après cette formule :

$$T_m = V h \times 1000 \times \frac{3}{4} \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Tandis qu'avec l'autre on a :

$$T_m = V h \times 1000 \times \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Comme on le voit, ces machines ne conviennent nullement, *sans condensation.*

A condensation, on gagne facilement cette différence théorique, en détendant à un point élevé, ce qui est plus facile qu'avec les machines à un seul cylindre, à cause de l'irrégularité de la pression qui nécessite alors un poids de volant très considérable, et fait perdre par la mise en mouvement de cet appareil ce que l'on gagne par la détente.

Nous croyons donc que ces machines sont convenables pour condensation et détente au 1/8 de la course au moins.

CHAPITRE IV. TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

Les calculs relatifs à la transmission du mouvement sont ceux qui ont pour but de déterminer les diamètres des tourillons extrêmes du balancier, du bouton de la manivelle et de l'arbre en fonction de la tige du piston à vapeur. Or, tous ces calculs ont été faits précédemment, lorsqu'il a été question de chacune de ces pièces spéciales des machines à vapeur.

Nous verrons, dans la composition proprement dite des machines, les diverses combinaisons des pièces de transmission de mouvement, suivant les positions du cylindre à vapeur et de l'arbre moteur.

CHAPITRE V. CONDENSATION.

L'appareil de condensation comprend :

Le condenseur ;
La pompe à air ;
La bâche à eau froide ;
La bâche à eau chaude.

Le condenseur est un espace dans lequel existe un vide aussi complet que possible, et où la vapeur sortant du cylindre se précipite et se condense par contact avec de l'eau froide injectée en une infinité de gerbes très minces.

La pompe à air est une pompe à trois compartiments de clapets destinés à enlever du condenseur l'eau qui s'accumule à la partie inférieure, et l'air qui se dégage à chaque instant de cette eau, par suite de la faible pression à laquelle elle est soumise.

La bâche d'eau froide est le récipient de l'eau venant du puits et destinée à l'injection dans le condenseur.

La bâche d'eau chaude est le réservoir de la pompe alimentaire ; elle reçoit son eau de la pompe à air. Comme une faible partie de cette eau seulement est absorbée par la pompe alimentaire, cette bâche est munie d'un dégorgeoir et d'une conduite menant le trop plein dans la rue.

La valeur de T_a, trouvée précédemment pour les machines à condensation, est d'autant plus considérable que celle de h' est plus petite.

Si on veut déterminer h', il faut avoir recours aux considérations suivantes :

Pour avoir une pression aussi faible que possible dans l'espace communiquant avec le côté du piston opposé à la vapeur, on injecte de la vapeur dans cet espace, d'abord rempli d'air, jusqu'à tant que tout ce dernier soit parti par un orifice ménagé à cet effet. Cela fait, on ferme les communications de cet espace avec l'air et avec le générateur, et on y injecte de l'eau froide ; cette eau se chauffe au détriment de la chaleur contenue dans la vapeur remplissant l'espace et la condense ; de là le nom de condenseur appliqué à l'appareil dans lequel cette opération a lieu.

Par suite de la condensation de la vapeur et de l'abaissement de température qu'a produit l'injection d'eau froide, la tension intérieure de l'appareil se trouve n'être plus que celle correspondant à la température du mélange. Plus il y a eu d'eau froide injectée, plus la température du mélange est basse, plus, par conséquent, la tension intérieure est faible.

Remarquant actuellement qu'il n'est pas possible de supposer que le piston avance indéfiniment dans le même sens, et qu'il faut pratiquement que, après avoir avancé d'une certaine quantité, il revienne en arrière soit par l'action d'une puissance quelconque qui ne se manifeste que quand la vapeur cesse d'agir, soit par l'action d'une autre quantité de vapeur venant agir sur lui en sens inverse de la première ; il faut, dans les deux cas, pour que la réaction soit égale à l'action, que l'espace dans lequel était tout à l'heure la vapeur communique avec le condenseur, ce qui rend indispensable l'injection dans ce dernier de la vapeur qui a servi.

Ainsi il ne suffit pas d'avoir établi un vide plus ou moins parfait dans le condenseur pour que le piston avance convenablement ; il faut maintenir ce vide que tendent à détruire des quantités de vapeur qui y sont injectées à chaque changement de direction du piston. Il faut donc introduire de nouvelle eau de condensation, et comme, en s'accumulant dans l'appareil, elle finirait elle-même par le remplir, il faut avoir une pompe spécialement chargée de purger le condenseur du mélange d'eau froide et vapeur condensée qui se trouve à sa partie inférieure.

Soit P le poids de la vapeur employée par seconde à faire mouvoir le piston ; toute cette vapeur passant au condenseur, la quantité d'unités de chaleur qu'elle y porte est représentée par l'expression :

$$P \times 650.$$

Soit P' le poids de l'eau employée à condenser cette vapeur ; soit t la température de cette eau avant le mélange et t' la température du mélange.

La quantité de chaleur gagnée par l'eau en entrant dans le condenseur est :

$$P' (t' - t)$$

La quantité de chaleur perdue par la vapeur en se condensant est :

$$P (650 - t')$$

Ces deux quantités sont évidemment égales et on a :

$$P (650 - t') = P' (t' - t)$$

MACHINE A VAPEUR

On en déduit :

$$P' = P \frac{650 - t'}{t' - t} \qquad (8)$$

Plus t' est grand, plus le numérateur de la fraction est petit, plus son dénominateur est grand, plus par conséquent la fraction est petite. De là, plus la quantité d'eau à injecter est faible et moins est considérable le travail à produire pour retirer cette eau du condenseur.

Ainsi d'un côté il y a avantage, de l'autre il y a inconvénient à faire t' très grand.

Comme, en définitive, si on fait la dépense d'un appareil de condensation c'est pour avoir une pression contre le piston aussi petite que possible par rapport à la pression atmosphérique, il faut donner la préférence à la condition qui correspond à h' très petit, pour cela il faut faire t' aussi petit que possible.

Pour des valeurs décroissantes de t', P' augmente. Or, il faut remarquer que l'eau prise à la surface du sol jouit de la propriété de dissoudre une quantité d'air que l'on évalue au $\frac{1}{20}$ de son volume à sa pression ordinaire. Il en résulte que plus on injecte d'eau dans le condenseur, plus on y introduit de cet air, qui, se trouvant à une faible pression, se dégage de l'eau et vient ajouter sa tension à celle de la vapeur qui y est contenue.

Ainsi en donnant à t' une petite valeur, la pompe chargée de purger le condenseur, a à effectuer un travail qui croît dans une proportion très considérable.

En admettant que l'eau froide de condensation est à 10°,00, température ordinaire des eaux de puits, on a :

TABLEAU *de la condensation de 1 kil. de vapeur à différentes températures.*

Valeurs de t'.	Valeurs de h' en eau	Valeurs de P'.	Volumes de l'air injecté.		Volumes à retirer du condenseur.
			à la pres. ordinaire.	dans le conden.	
	m.	k.	litres.	litres.	litres.
12°	0,146	319,00	15,950	1135,00	1455,00
31	0,430	29,90	1,495	35,90	66,80
38	0,645	22,00	1,100	17,55	40,55
51,45	1,300	11,42	0,721	5,72	21,44

De ces quatre valeurs de t', c'est $t' = 38°$ que l'on prend ordinairement; dans ce cas $h' = 0,645$ ou $\frac{1}{16}$ d'atmosphère environ.

Si on pose $h = 20\ h'$ il vient :

$$h = 20 \times 0,645 = 12^{m},90.$$

Correspondant à 1 atmosphère 1/4, qui est la pression à laquelle fonctionnent généralement ces machines qui, pour ces motifs, sont dites *machines à basse pression*.

En ce qui concerne le condenseur, nous dirons qu'il n'existe pas de calculs théoriques pour en déterminer les dimensions. S'il est très grand, il devient difficile de le purger d'air et de faire parvenir l'injection d'eau dans toutes les parties où il y a de la vapeur ; s'il est trop petit, au contraire, quelque prompte que soit la condensation, il s'opère à chaque exhaustion, contre le piston, une résistance de la vapeur déjà utilisée, par suite de la difficulté qu'elle éprouve à pénétrer dans le condenseur. Il y a donc une moyenne à adopter ; cette moyenne, si on s'en rapporte aux meilleurs systèmes anglais, est un volume égal à celui de la pompe à air.

Quant à la pompe à air, nous remarquerons d'abord que la course de son piston est, dans les machines à balancier où elle convient spécialement, moitié de la course du piston à vapeur ; de plus, elle est à simple

MACHINE A VAPEUR.

effet. Ainsi sur deux coups de piston à vapeur elle donne un coup seulement.

Le volume de vapeur lancée au condenseur en deux coups de piston est théoriquement :

$$0,785\ D^2 \times 2\ C$$

et, si on observe qu'il y a environ $\frac{1}{10}$ de ce volume introduit en plus par les pertes des conduits et du jeu du piston, on a en réalité :

$$1,1 \times 0,785\ D^2 \times 2\ C$$

Le volume occupé par un kilogr. de vapeur, sous la pression de 13^m d'eau, est 1425 litres ; le poids du mètre cube de cette vapeur est donc $\frac{1000}{1425} = 0^k,700$.

Le poids de la vapeur à condenser pour deux coups de piston est par conséquent :

$$1,1 \times 0,785\ D^2 \times 2C \times 0^k700 \qquad (a)$$

Nous avons vu plus haut que pour condenser 1 kilogr. de vapeur à 38°, il fallait dépenser une quantité d'eau représentée par :

$$r = \frac{1^k\,(650 - 38)}{38 - 10} = 22^k$$

Chaque kilogr. de vapeur entrant dans le cylindre entraîne avec lui 1 kilogr. environ d'eau en suspension ; la condensation de cette eau chaude exige donc une quantité d'eau froide représentée par :

$$r = \frac{1^k\,(107 - 38)}{38 - 10} = 2^k,500$$

La quantité d'eau à introduire dans le condenseur pour liquéfier 1 kil. de vapeur est donc en réalité de $24^k,500$.

La quantité d'air introduit par cette eau dans le condenseur est aussi égale après dilatation à environ 24 litres 1/2.

Le volume à retirer du condenseur par la pompe à air, pour 1 kil. de vapeur condensée, est donc :

1° 2,2 litres eau et vapeur condensée ;
2° 24,5 — eau introduite pour condensation ;
3° 24,5 — air dégagé par l'eau de condensation ;
4° 2,2 — air dégagé par l'eau et la vapeur condensée venant de la chaudière.

Total. 53,4, net 54 litres.

De ce que pour chaque kil. à condenser, il faut retirer 54 litres d'eau du condenseur, on obtient le diamètre de la pompe à air, en posant l'équation :

$$0,75 \times 0,785\ d^2 \times \frac{1}{2}\ C$$
$$= (1,1 \times 0,785\ D^2 \times 2\ C \times 0,700)\ 0^{mc},054.$$

Le premier membre donnant le volume pratique, engendré par le piston de la pompe à air, lequel volume est égal aux $\frac{3}{4}$ du volume théorique ; le second membre donnant le volume à retirer du condenseur pour deux coups de piston à vapeur, la partie entre parenthèse étant, d'après la formule (a), le poids de la vapeur à condenser pour deux coups de piston.

Effectuant les réductions et calculs indiqués, nous obtenons :

$$0,75 \times d^2 = \frac{1}{2}\ 1,1\ D^2 \times 2 \times 0,700 \times 0,054$$

d'où

$$d^2 = \frac{2 \times 1,1 \times D^2 \times 2 \times 0,700 \times 0,054}{0,75} = 0,22\ D^2$$

$$\text{et } d = 0,47\ D$$

Ce chiffre 0,47 n'est pas celui que l'on adopte. Est-ce routine, est-ce expérience ? Nous croyons qu'il est plus sage d'admettre cette dernière hypothèse. Watt faisait $d = 0,666$ D ; nous avons eu occasion de faire $d = 0,6$ et nous nous en sommes bien trouvés. Il est probable que, par les perfectionnements que l'on apporte tous les jours dans la construction, on parviendra à faire descendre ce coefficient au moins à 0,50. Quant à présent, nous ne pouvons prendre sur nous d'en conseiller un inférieur à 0,60.

L'appareil de condensation s'exécute de deux manières principales ; tantôt le condenseur et la pompe à air sont séparés dans une même bâche à eau froide, tantôt ils sont réunis et ne forment qu'une seule pièce. La première est sans contredit la meilleure ; elle s'exécute ainsi pour les machines fixes.

Le condenseur est un cylindre de même diamètre que la pompe à air ; tous deux sont montés sur une boîte en fonte dont le milieu porte une chapelle dans laquelle est un clapet ; l'appareil complet est dans une grande bâche en fonte, dite bâche à eau froide, où le niveau de l'eau est toujours au-dessus du stuffing-box de la pompe à air.

La pompe à air est munie à sa partie supérieure d'une tubulure qui vient s'assembler avec l'une des parois de la bâche d'eau froide, au travers de laquelle elle déverse l'eau de condensation dans une boîte, dite boîte à eau chaude, dont elle est séparée par un clapet. Cette boîte est munie de deux prises d'eau, dont l'une va à la pompe alimentaire, et l'autre, dite de trop plein, dans la rue.

Le piston de la pompe à air étant muni de clapets pour l'aspiration, on voit que l'eau de condensation passe par trois milieux différents avant d'être jetée au dehors, ce qui n'a pas lieu dans les pompes ordinaires. Pour se rendre compte de cette disposition, il suffit de remarquer que quand le piston monte, il ne commence à faire ouvrir le clapet du condenseur que quand la pression du milieu qui est au-dessous de lui est devenue moindre que celle du condenseur. Or, s'il n'y avait pas de clapet à la boîte d'eau chaude, les clapets du piston descendant ne lèveraient, pour livrer passage à l'eau et à l'air qui sont au-dessous, que quand le milieu de ces eau et air aurait atteint une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce qui retarderait considérablement la levée du clapet du condenseur pour le coup suivant. Si, au contraire, il y a un clapet à la boîte à eau chaude, le piston descendant raréfie l'espace qui est au-dessus de lui, et ses clapets se lèvent beaucoup plus tôt, ce qui permet à une plus grande masse d'air de passer dans la chambre supérieure.

Dans les machines de bateaux, l'appareil de condensation diffère quelque peu de celui des machines fixes, en ce qu'alors la plaque de fondation sert à former une partie du condenseur.

CHAPITRE VI. ALIMENTATION.

L'alimentation comprend les deux pompes dites d'eau fraîche et d'eau chaude, ou alimentaire, leur mouvement, ainsi que tous les tuyaux de conduite d'eau nécessaires.

Dans les machines à balancier, qu'il faut toujours prendre pour point de départ dans la détermination des dimensions proportionnelles, la course des pompes alimentaires est égale à la moitié de celle du piston à vapeur ; ces pompes sont à simple effet.

Les consommations d'eau sont :

1° Pour la pompe alimentaire, ce qu'il faut pour conserver le niveau constant dans la chaudière ;

2° Pour la pompe d'eau fraîche, ce qu'il faut pour la pompe alimentaire et la condensation.

1° *Pompe alimentaire.* Les genres de machines où la consommation de vapeur est la plus grande, pour un effet utile déterminé, sont les machines sans détente ; pour ces machines, l'expérience a conduit à donner à la pompe alimentaire, qui est à simple effet, un diamètre au moins égal à 1/10° de celui du piston à vapeur.

2° *Pompe d'eau fraîche.* La quantité d'eau, en poids, qu'elle doit produire pour deux coups de piston est, d'après le résumé de la page précédente, de 25 litres pour 1 kil. de vapeur, c'est-à dire 25 fois aussi grande que celle produite par la pompe alimentaire.

On lui donne un diamètre égal au tiers au moins du diamètre du piston à vapeur sans détente, à condensation.

La pompe alimentaire est aspirante et foulante ; la pompe d'eau fraîche est aspirante et élévatoire ou foulante à volonté.

La première, vu son petit diamètre, est à piston plein ; elle se construit de diverses manières.

La pompe d'eau fraîche, pouvant être foulante ou élévatoire, se construit de deux manières.

Quand elle est de petit diamètre, comme pour machine sans condensation, il est préférable de la faire foulante. Lorsqu'au contraire son diamètre est assez grand, comme pour machine à condensation, on la fait à piston muni d'une garniture.

Dans tous les cas, les tiges des pistons des pompes s'assemblent avec les bielles qui leur transmettent le mouvement du balancier au moyen de douilles à charnières.

Pour les locomotives, on emploie la pompe d'alimentation à piston plein Elle ne diffère de l'autre que par les soupapes qui sont à boulets.

Cette disposition a pour but d'éviter les arrêts qui se manifestent souvent dans les soupapes des pompes ordinaires, et qu'il serait impossible de corriger sur le chemin quand la machine marche ; mais, d'autre part, les boulets ferment moins bien que les soupapes, et s'arrêtent quelquefois comme elles quand il se trouve des ordures dans leurs boîtes.

On a établi une pompe sans clapets qui aurait l'avantage de toujours fonctionner à la condition qu'on ne la ferait marcher que dans un sens ; il reste à savoir si, à haute pression, elle ne laisserait pas échapper de l'eau par le joint du boisseau avec la clef.

CHAPITRE VII. BATI.

Le bâti est la partie fixe d'une machine ; c'est lui qui sert à maintenir en place les autres parties et à les relier entre elles ; ses formes et dimensions sont nécessairement assujetties aux dispositions adoptées pour l'emplacement des autres parties ; la composition du bâti se trouve donc bien plutôt appartenir à la composition même des machines qu'à celle de leurs parties qui sont toutes considérées isolément. Néanmoins il est, dans la composition du bâti, quelques principes qui se rencontrent toujours les mêmes, quelle que soit la disposition adoptée ; ce sont ces principes que nous allons passer en revue ici.

On considère trois espèces de bâtis, savoir :

Les bâtis pour machines fixes ;

Les bâtis pour machines de bateaux ;

Les châssis pour locomotives.

1° *Bâti pour machine fixe.* Partout où il y a une machine fixe, il y a une fondation et des murs.

On peut se proposer l'un des buts suivants, savoir :

1° Ou faire servir autant que possible ces fondations et murs à relier les diverses parties de la machine entre elles, quelle que soit la place de chacune, auquel cas le bâti est à peu près nul ;

2° Ou faire un usage modéré de la stabilité qu'offrent ces maçonneries, pour donner plus de force au bâti ;

3° Ou s'affranchir complétement du joug des maçonneries, afin de pouvoir déplacer plus facilement la machine.

Dans le premier cas, quelle que soit la disposition des parties de la machine, on a à lutter contre une propriété des maçonneries bien nuisible en mécanique, à savoir : le *tassement.* Aussi n'est-ce généralement pas une bonne chose que mélanger la maçonnerie dans les machines. Il est cependant des circonstances où toute autre disposition serait très coûteuse et même vicieuse si on n'y avait pas recours ; c'est lorsque les machines sont puissantes et à balancier. Alors rien ne vaut un bon mur en pierre de taille pour supporter le balancier. Dans ce cas, les supports du balancier sont montés sur une même plaque traversée, ainsi que le bâtiment de la machine, par deux poutres qui servent à relier le mur du milieu avec les deux murs de face qui lui sont parallèles, ainsi qu'à supporter le plancher et les boutons des guides du parallélogramme. Ces supports sont en outre munis de boulons de fondation dont le but est de les relier à un poids suffisant de maçonnerie pour que les actions simultanées et contraires du piston et de la bielle sur les extrémités du balancier ne puissent le soulever.

Dans le second cas, on ne laisse d'action aux maçonneries que dans le sens où le tassement ne peut nuire, c'est-à-dire dans le sens horizontal ; alors on se trouve dans les meilleures conditions de l'établissement des machines pour certaines dispositions que l'on ne peut rendre indépendantes des murs qu'à l'aide de complications, souvent infructueuses, dans le bâti ; telles sont les machines à entablement.

Dans ces machines, on fait un usage fréquent de l'entablement toscan ou autre à deux colonnes. Nous croyons utile d'observer que, alors, le diamètre des colonnes, au lieu d'être de deux modules, comme dans les colonnes en pierre de taille, n'est que d'un module, dimension suffisante pour la fonte et donnant à l'appareil une apparence de légèreté fort satisfaisante pour l'œil.

Le troisième cas est tantôt la conséquence de certains systèmes, tantôt essentiellement antipathique avec certains autres ; en général il ne convient que lorsque l'arbre moteur est situé près du sol, ce qui ne veut pas dire qu'il convient toutes les fois que cette disposition a lieu.

Dans ce cas, la pièce principale du bâti est la plaque de fondation qui doit communiquer avec toutes les parties par des pièces invariables.

2° *Bâtis pour machines de bateaux.* Les bâtis pour machines de bateaux sont de la troisième catégorie des bâtis que nous venons de passer en revue. Il faut que les machines se supportent elles-mêmes ; aussi, dans ce cas, leurs bâtis consistent-ils généralement en une forte plaque de fondation, dont une partie sert à agrandir le condenseur, sur laquelle s'élèvent, de part et d'autre, deux entablements massifs d'ordres dorique, gothique ou autres, après lesquels viennent se fixer les différentes parties.

3 *Châssis pour locomotives.* Dans les locomotives, il n'y a pas à proprement parler de bâtis, la chaudière remplissant en quelque sorte les fonctions de plaque de fondation, par la quantité de parties qu'elle supporte. Il n'y a qu'un châssis, espèce de cadre en bois recouvert de tôle sur ses faces verticales, servant à poser tout le système sur les essieux des roues. (Voir LOCOMOTIVE.)

Conclusions.

Après avoir déterminé les dimensions proportionnelles des différentes pièces et parties, nous avons cru utile de les réunir dans le tableau suivant, qui renferme les dimensions de toutes les pièces importantes, pour trente forces différentes de machines, c'est-à-dire depuis un quart de cheval environ jusqu'à cinq cents chevaux.

1° VAPORISATION.

Nos d'ordre.	FORCES en chevaux correspond. à peu près aux vitesses à donner aux mach. selon leurs dim.	Surfaces totales des chaudières en mètres carrés.	Nombres de chaudières strictement necess.	Diamètres des chaudières en mètres.	Longueurs des chaudières en mètres.	Nombres des bouilleurs.	Diamètres des bouilleurs en mètres.	Longueurs des bouilleurs en mètres.	Prescriptions de l'Ordonnance royale du 22 mai 1843. 2 atmosphères. Numéro de la catégor.	2 atmosphères. Diam. des soupapes de sûreté en centim.	5 atmosphères. Numéro de la catégor.	5 atmosphères. Diam. des soupapes de sûreté en centim.
1	0,25	0,5	1	0,20	0,80	0	»	»	4e	1,00	4e	0,50
2	0.50	1.0	1	0.30	1 06	0	»	»	4	1,00	4	0,80
3	0,75	1.5	1	0,40	1.19	0	»	»	4	2 00	4	1,00
4	1,00	2,0	1	0,40	1,03	1	0,20	1.43	4	2,10	4	1,30
5	2.00	4,0	1	0.50	1,65	1	0.25	1.82	4	2,92	4	1,72
6	3,00	6.0	1	0 50	2.48	1	0.25	2.73	4	3.60	3	2,10
7	4,00	8,0	1	0,50	2 44	2	0,25	2.68	4	4,13	2	2,50
8	6,00	12.0	1	0,65	2.80	2	0,33	3,08	4	5,10	2	3.10
9	9,00	18,0	1	0,65	4,22	2	0,33	4,64	3	6.20	1	3,70
10	12,00	24,0	1	0,80	4,55	2	0,40	5.00	3	7,20	1	4,20
11	16,00	32,0	1	0,80	6,10	2	0,40	6,71	2	8.30	1	4,90
12	20,00	40,0	1	1,00	6,10	2	0,50	6,71	2	9,25	1	5,15
13	25,00	50,0	1	1.00	7,60	2	0,50	8,36	1	10,32	1	6,10
14	30,00	60,0	2 de 16 chevaux.			»	»	»	1	»	1	»
15	35,00	70,0	1 de 16 et 1 de 20.			»	»	»	1	»	1	»
16	40,00	80,0	2 de 20 chevaux.			»	»	»	1	»	1	»
17	50,00	100,0	2 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
18	60,00	120,0	3 de 20 id.			»	»	»	1	»	1	»
19	75.00	150,0	3 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
20	100,00	200,0	4 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
21	125,00	250,0	5 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
22	150.00	300,0	6 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
23	175,00	350,0	7 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
24	200,00	400,0	8 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
25	250,00	500,0	10 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
26	300,00	600,0	12 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
27	350,00	700,0	14 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
28	400,00	800,0	16 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
29	450 00	900 0	18 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
30	500,00	1000,0	20 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»

2° DISTRIBUTION.

Nos d'ordre.	DIMENSIONS DES LUMIÈRES DES TIROIRS. sans détente à condensat. Long.	sans détente à condensat. Larg.	sans détente ni condensation. Long.	sans détente ni condensation. Larg.	à détente. Longueur.	à détente. Largeur.	DIAMÈTRES des soupapes et tuyaux de conduite. sans détente à condensat.	sans dét. ni condens.	à détente.	DIAMÈTRES DES Tiges des tiroirs ou soup.	Arbres des tir. ou soup.	Boutons des man. d'exc.	Boulons de la distr. en gén.	Épaisseur des fontes.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	0,025	0,005	0,0125	0,0025	0,01875	0,00375	0,01	0,005	0,0075	5	8	8	5	5
2	0,050	0,010	0,0250	0,0050	0,03750	0.00750	0,02	0,010	0,0150	6	10	10	8	7
3	0,075	0,015	0,0375	0,0075	0.06275	0,01125	0,03	0,015	0.0225	6	12	12	10	9
4	0,100	0,020	0.0500	0,0100	0.07500	0.01500	0,04	0,020	0,0300	8	15	15	10	11
5	0,125	0,025	0,0625	0,0125	0.09375	0,01875	0,05	0,025	0.0375	8	18	18	12	13
6	0,150	0,030	0.0750	0,0150	0,11250	0,02250	0.06	0,030	0,0450	10	21	21	12	14
7	0,175	0.035	0,0875	0,0175	0.13125	0,02625	0,07	0,035	0,0525	10	25	25	15	15
8	0,200	0,040	0,1000	0,0200	0.15000	0.03000	0.08	0,040	0,0600	12	30	30	15	16
9	0,225	0,045	0,1125	0,0225	0.16875	0,03375	0,09	0,045	0,0675	12	35	35	15	17
10	0,250	0,050	0,1250	0,0250	0,18750	0,03750	0.10	0,050	0,0750	15	40	40	15	18
11	0,275	0,055	0,1375	0,0275	0.20675	0,04125	0.11	0,055	0,0825	15	45	42	18	19
12	0,300	0,060	0.1500	0,0300	0,22500	0,04500	0.12	0,060	0.0900	18	50	44	18	20
13	0,325	0,065	0,1625	0,0325	0,24375	0,04875	0,13	0.065	0.0975	18	55	46	18	21
14	0,350	0,070	0.1750	0,0350	0 26250	0,05250	0,14	0,070	0,1050	21	60	48	18	22
15	0.375	0,075	0,1875	0,0375	0.28125	0,05625	0,15	0,075	0,1125	21	65	50	18	23
16	0,400	0.080	0,2000	0,0400	0.30000	0,06000	0.16	0,080	0,1200	25	70	52	21	23
17	0,425	0,085	0,2125	0,0425	0,31875	0,06375	0,17	0,085	0,1275	25	75	54	21	24
18	0,450	0.090	0.2250	0,0450	0,33750	0.06750	0,18	0,090	0,1350	30	80	56	21	25
19	0 475	0,095	0.2375	0,0475	0.35625	0.07125	0,19	0.095	0.1425	30	85	58	21	25
20	0,500	0,100	0.2500	0.0500	0,37500	0.07500	0.20	0,100	0.1500	35	90	60	21	25
21	0,550	0.110	0.2750	0,0550	0,41250	0,08250	0.22	0,110	0,1650	35	95	62	25	26
22	0,600	0.120	0,3000	0.0600	0,45000	0,09000	0.24	0,120	0,1800	35	100	64	25	26
23	0.650	0 130	0.3250	0,0650	0.48750	0,09750	0,26	0,130	0,1950	40	100	66	25	27
24	0.700	0.140	0 3500	0,0700	0.52500	0.10500	0,28	0,140	0.2100	40	100	68	25	27
25	0,750	0,150	0,3750	0.0750	0,56250	0,11250	0,30	0,150	0,2250	40	110	70	25	28
26	0,800	0 160	0,4000	0,0800	0.60000	0,12000	0.32	0.160	0,2400	45	110	72	30	28
27	0,850	0,170	0.4250	0,0850	0.63750	0,12750	0,34	0.170	0,2550	45	110	74	30	29
28	0,900	0,180	0.4500	0,0900	0,67500	0.13500	0,36	0.180	0,2700	45	120	76	30	29
29	0,950	0,190	0.4750	0,0950	0,71250	0,14250	0.38	0.190	0,2850	50	120	78	30	30
30	1,000	0,200	0,5000	0,1000	0,75000	0,15000	0.40	0,200	0,3000	50	120	80	30	30

3° TRAVAIL.

N°s d'ordre.	Diamètres des cylind. à vap. — sans detente — à condensation.	sans condensation.	à détente	Courses des pistons.	ÉPAISSEURS — des cylindres.	des pistons au centre.	du jeu des pistons.	de l'entrée des fonds.	Longueurs des cylindres.	Diamètr. des — tiges des pistons.	boulons des cylindres.	RAPPORTS entre les surfaces des pistons. — celle du 1er étant 1.	successifs.
	m.	m.	m.	m.	mm.	mm.	mm.	mm.	m.	mm.	mm.		
1	0,05	0,025	0,0375	0,10	8	50	20	20	0,190	12	6	1	1,000
2	0,10	0,050	0,0750	0,20	10	60	24	24	0,308	15	8	4	4,000
3	0,15	0,075	0,1125	0,30	12	70	28	28	0,426	18	10	9	2,250
4	0,20	0,100	0,1500	0,40	14	80	32	32	0,544	21	12	16	1,780
5	0,25	0,125	0,1875	0,50	16	90	36	36	0,662	25	12	25	1,560
6	0,30	0,150	0,2250	0,60	18	100	40	40	0,780	30	15	36	1,440
7	0,35	0,175	0,2625	0,70	20	110	44	44	0,898	35	15	49	1,360
8	0,40	0,200	0,3000	0,80	22	120	48	48	1,016	40	18	64	1,305
9	0,45	0,225	0,3375	0,90	24	130	52	52	1,134	45	18	81	1,265
10	0,50	0,250	0,3750	1,00	26	140	56	56	1,252	50	21	100	1,235
11	0,55	0,275	0,4125	1,40	28	150	60	60	1,370	55	21	121	1,210
12	0,60	0,300	0,4500	1,20	30	160	64	64	1,488	60	25	144	1,190
13	0,65	0,325	0,4875	1,30	32	170	68	68	1,606	65	25	169	1,175
14	0,70	0,350	0,5250	1,40	34	180	72	72	1,724	70	25	196	1,160
15	0,75	0,375	0,5625	1,50	36	190	76	76	1,842	75	30	225	1,145
16	0,80	0,400	0,6000	1,60	38	200	80	80	1,960	80	30	256	1,140
17	0,85	0,425	0,6375	1,70	40	210	84	84	2,078	85	30	288	1,125
18	0,90	0,450	0,6750	1,80	42	220	88	88	2,196	90	35	324	1,122
19	0,95	0,475	0,7125	1,90	44	230	92	92	2,314	95	35	361	1,120
20	1,00	0,500	0,7500	2,00	46	240	96	96	2,432	100	35	400	1,110
21	1,10	0,550	0,8250	2,20	48	250	100	100	2,650	110	40	484	1,205
22	1,20	0,600	0,9000	2,40	50	260	104	104	2,868	120	40	576	1,190
23	1,30	0,650	0,9750	2,60	52	270	108	108	3,086	130	40	676	1,175
24	1,40	0,700	1,0500	2,80	54	280	112	112	3,304	140	45	784	1,160
25	1,50	0,750	1,1250	3,00	56	290	116	116	3,522	150	45	900	1,145
26	1,60	0,800	1,2000	3,20	58	300	120	120	3,740	160	45	1024	1,138
27	1,70	0,850	1,2750	3,40	60	310	124	124	3,958	170	50	1152	1,123
28	1,80	0,900	1,3500	3,60	62	320	128	128	4,176	180	50	1296	1,120
29	1,90	0,950	1,4250	3,80	64	330	132	132	4,394	190	50	1444	1,115
30	2,00	1,000	1,5000	4,00	66	340	136	136	4,612	200	50	1600	1,105

4° TRANSMISSION DU MOUVEMENT.

N°s d'ordre.	Balanciers à une seule flasque. — Dimensions. — Long. en mètres.	Larg. en mètr.	Épais. en mill.	Diamètres en millim. des tourill. en fer. — extrême	au milieu.	au quart.	DIMENSIONS des parallélogram. en mètres. — Long.	Larg.	Longueurs des bielles en mètres.	MANIVELLES. — Rayons en mètres.	Diam. des — entrées des arb. en fonte.	boulons en fer.	Arb. des volants en fonte; diam. des tour.	VOLANTS. — Poids des jantes en kil — sans détente.	à détente — sans condens.	à condens.	Diam. en mètr.
											mm.	mm.	mm.				
1	0,30	0,05	4	12	18	9	0,075	0,05	0,25	0,05	30	15	25	30	45	60	0,30
2	0,60	0,10	6	20	30	15	0,150	0,10	0,50	0,10	50	21	40	58	86	114	0,60
3	0,90	0,15	9	25	35	18	0,225	0,15	0,75	0,15	65	25	55	86	127	167	0,90
4	1,20	0,20	13	30	45	21	0,300	0,20	1,00	0,20	80	30	70	112	164	216	1,20
5	1,50	0,25	15	35	50	25	0,375	0,25	1,25	0,25	100	35	90	220	320	420	1,50
6	1,80	0,30	18	40	55	30	0,450	0,30	1,50	0.30	120	40	110	324	467	611	1,80
7	2,10	0,35	23	45	65	30	0,525	0,35	1,75	0,35	130	45	120	424	607	790	2,10
8	2,40	0,40	25	50	70	35	0,600	0,40	2.00	0.40	150	50	140	624	884	1145	2,40
9	2,70	0,45	28	55	75	35	0,675	0,45	2,25	0,45	170	55	160	920	1297	1675	2,70
10	3,00	0,50	30	60	80	40	0,750	0,50	2,50	0,50	190	60	180	1200	1650	2160	3,00
11	3,30	0,55	33	60	85	40	0,825	0,55	2,75	0,55	220	65	200	1585	2212	2835	3,30
12	3,60	0,60	35	65	90	45	0,900	0,60	3,00	0,60	240	75	220	1960	2720	3480	3,60
13	3,90	0.65	38	70	95	45	0,975	0,65	3,25	0.65	260	80	240	2420	3350	4270	3.90
14	4,20	0,70	40	75	100	50	1,050	0,70	3,50	0,70	280	85	260	2880	3960	5040	4,20
15	4,50	0,75	43	75	110	55	1,125	0,75	3,75	0,75	325	90	300	3330	4540	5780	4,50
16	4,80	0,80	45	80	120	60	1,200	0,80	4,00	0,80	350	100	325	3760	5130	6500	4,80
17	5,10	0,85	48	85	120	60	1,275	0.85	4,25	0 85	375	100	350	4650	6290	7950	5,10
18	5,40	0.90	50	90	130	65	1,350	0,90	4,50	0,90	400	110	375	5500	7420	9350	5,40
19	5,70	0,95	55	95	130	65	1,425	0.95	4,75	0,95	450	120	400	6825	8662	11500	5,70
20	6.00	1,00	60	100	140	70	1,500	1,00	5,00	1,00	500	130	450	9000	12000	15000	6,00
21	6,60	1,05	65	110	150	75	1,650	1,10	5,50	1,10	550	140	500	11100	14750	18400	6,60
22	7.20	1.10	70	120	160	80	1.800	1,20	6.00	1,20	600	150	550	13200	17400	21600	7,20
23	7,80	1,15	75	130	180	90	1,950	1,30	6.50	1,30	650	160	600	15200	19950	24700	7.80
24	8,40	1,20	80	140	200	100	2.100	1,40	7.00	1,40	700	170	650	17200	22400	27600	8,40
25	9,00	1,25	85	150	220	110	2,250	1,50	7,50	1,50	750	180	700	21300	27550	33800	9.00
26	9,60	1,30	90	160	220	110	2.400	1,60	8.00	1,60	800	190	750	25200	32400	39600	9,60
27	10,20	1,35	95	170	240	120	2,550	1,70	8,50	1,70	850	200	800	29000	37100	45200	10,20
28	10,80	1,40	100	180	240	120	2,700	1,80	9,00	1.80	900	220	850	32800	41550	50300	10.80
29	11,40	1,45	110	190	260	130	2,850	1,90	9,50	1,90	950	240	900	36500	45850	55200	11,40
30	12.00	1.50	120	200	280	130	3,000	2,00	10.00	2.00	1000	260	950	40000	50000	60000	12.00

	5° CONDENSATION.										6° ALIMENTATION.		
	DIAMÈTRES						Epaisseurs en millim. des		LARGEURS en mètres des clapets pour long. égales aux diam. des pompes à air.		DIAMÈTRES EN MÈTRES des pompes pour 1/2 course. Eau fraîche.		OBSERVATIONS.
	théoriq. des pist. des pompes à air. sans dét.	théoriq. des pist. des pompes à air. à detente.	des robinets et tuyaux d'inject.	des tig. des pist. des pompes à air.	des boulons en millimètres. pompes à air.	des boulons en millimètres. bâches.	cylindres et boîtes à clapets.	bâches.	s. det.	à dét.	conden-sation.	alimen-tation.	
	m.	m.	mm.	mm.									
1	0,03	0,025	5	9	6	6	8	6	0,01	0,010	0,025	0,009	Les dimensions que nous donnons ici conviennent particulièrement pour machines fixes à balancier. Nous indiquons ailleurs les modifications qui y sont apportées quand la position du cylindre est changée, ou quand les machines sont destinées à fonctionner dans des bateaux ou dans des locomotives.
2	0,06	0,050	10	10	7	7	10	7	0,02	0,020	0,030	0,010	
3	0,09	0,075	15	12	8	7	12	8	0,03	0,025	0,035	0,015	
4	0,12	0,100	21	15	9	8	14	9	0,04	0,035	0,040	0,021	
5	0,15	0,125	25	18	10	8	15	10	0,05	0,045	0,060	0,025	
6	0,18	0,150	30	21	12	9	16	11	0,06	0,050	0,070	0,030	
7	0,21	0,175	35	21	12	9	17	12	0,07	0,060	0,080	0,035	
8	0,24	0,200	40	25	15	10	18	13	0,08	0,070	0,090	0,040	
9	0,27	0,225	45	25	15	10	19	14	0,09	0,075	0,100	0,045	
10	0,30	0,250	50	30	18	12	20	15	0,10	0,085	0,120	0,050	
11	0,33	0,275	55	30	18	12	21	16	0,11	0,095	0,140	0,055	
12	0,36	0,300	60	35	18	12	22	17	0,12	0,100	0,160	0,060	
13	0,39	0,325	65	35	21	15	23	18	0,13	0,110	0,180	0,065	
14	0,42	0,350	70	40	21	15	24	19	0,14	0,115	0,200	0,070	
15	0,45	0,375	75	40	21	15	25	20	0,15	0,120	0,220	0,075	
16	0,48	0,400	80	45	25	18	26	21	0,16	0,130	0,240	0,080	
17	0,51	0,425	85	45	25	18	27	22	0,17	0,140	0,260	0,085	
18	0,54	0,450	90	50	25	18	28	23	0,18	0,150	0,280	0,090	
19	0,57	0,475	95	50	30	21	29	24	0,19	0,160	0,300	0,095	
20	0,60	0,500	100	55	30	21	30	25	0,20	0,170	0,325	0,100	
21	0,66	0,550	110	55	30	21	31	26	0,22	0,180	0,350	0,110	
22	0,72	0,600	110	60	30	21	32	27	0,24	0,200	0,375	0,120	
23	0,78	0,650	120	65	35	25	33	28	0,26	0,215	0,400	0,130	
24	0,84	0,700	120	70	35	25	34	29	0,28	0,230	0,450	0,140	
25	0,90	0,750	130	75	35	25	35	30	0,30	0,250	0,500	0,150	
26	0,96	0,800	130	80	35	25	36	31	0,32	0,265	0,550	0,160	
27	1,02	0,850	140	85	40	30	37	32	0,34	0,285	0,600	0,170	
28	1,08	0,900	140	90	40	30	38	33	0,36	0,300	0,650	0,180	
29	1,14	0,950	150	95	40	30	39	34	0,38	0,320	0,700	0,190	
30	1,20	1,000	150	100	40	30	40	35	0,40	0,340	0,750	0,200	

LIVRE III.

Composition des machines à vapeur.

Dans la composition d'une machine à vapeur, il faut envisager trois choses, savoir :

Le mode d'application ;

La force à transmettre ;

Le genre le plus convenable.

La composition résultant de l'examen de l'ensemble de ces trois choses constitue ce qu'on nomme un *système*.

Il existe un grand nombre de systèmes de machines à vapeur à *cylindre* et *piston*, abstraction faite des autres, non seulement parce que les trois conditions d'établissement, citées plus haut, donnent lieu à un grand nombre de cas, mais encore parce qu'il y a plusieurs manières de résoudre certains d'entre eux, comme nous allons le voir.

1° *Modes d'application.* On considère cinq cas principaux d'application de la force motrice de la vapeur, savoir :

1° A l'élévation de l'eau ;

2° A la dilatation ou à la condensation de l'air ;

3° A la rotation d'un arbre de couche ;

4° A la navigation ;

5° Au transport sur terre.

Les machines destinées à l'élévation de l'eau portent le nom de *machines hydrauliques* ou *d'épuisement*.

Les machines destinées à dilater ou condenser l'air portent le nom de *machines soufflantes*.

Les machines destinées à transmettre un mouvement de rotation à un arbre de couche portent le nom de *machines à rotation*.

Les machines destinées à la navigation portent le nom d'*appareils moteurs pour bateaux*.

Les machines destinées au transport sur terre portent le nom de *locomotives*.

2° *Forces.* Il existe aujourd'hui des machines à vapeur de toutes forces, depuis celle de 1/4 de cheval jusqu'à celle de 1000 chevaux.

Ces formes peuvent, d'après leur influence sur le choix du système, se classer en sept catégories, savoir :

1re	catégorie	de	1/4	de cheval	à	6	chevaux.
2e	—	de	6	chevaux	à	12	—
3e	—	de	12	—	à	25	—
4e	—	de	25	—	à	50	—
5e	—	de	50	—	à	100	—
6e	—	de	100	—	à	500	—
7e	—	de	500	—	à	1000	—

3° *Genres.* Les genres sont au nombre de quatre, dont deux dits *à détente*, et deux *à condensation*.

La détente seule s'emploie toutes les fois que l'on veut économiser la vapeur motrice. La condensation seule s'emploie toutes les fois que l'on veut faire travailler la vapeur à basse pression.

La détente et la condensation réunies s'emploient toutes les fois que l'on veut tirer de la vapeur motrice le plus d'effet utile possible.

On peut toujours employer la détente. On ne peut faire usage de la condensation qu'autant que l'eau est en abondance dans la localité où l'on établit la machine.

Ces données posées, nous allons examiner successivement les différents cas auxquels donnent lieu les cinq modes d'application de la force motrice de la vapeur, suivant les quantités de travail à effectuer, les genres adoptés et les autres circonstances qui peuvent se présenter.

CHAPITRE Ier. MACHINES A VAPEUR HYDRAULIQUES OU D'ÉPUISEMENT.

Lorsqu'on applique la force motrice de la vapeur à l'élévation de l'eau, la machine sert généralement à mouvoir des pompes.

Quand la force à transmettre n'est pas considérable, il arrive souvent que le mouvement est communiqué à ces pompes par une machine à rotation; mais quand cette force est supérieure à celles comprises dans les quatre premières catégories, il est convenable de communiquer directement le mouvement du piston à vapeur à ceux des pompes. Comme ces dernières sont à simple effet, les machines à vapeur employées, dans ce cas, le sont aussi.

Ce sont ces machines que l'on désigne le plus particulièrement sous le nom de machines hydrauliques ou d'épuisement et dont nous allons parler.

La théorie des machines à simple effet est la même que celle des machines à vapeur à double effet, seulement leur travail n'en est que la moitié, pour un même nombre de coups doubles de pistons.

Quand on les applique au mouvement des pompes, il se présente deux cas principaux, savoir :

1° Ou les pompes sont aspirantes et élévatoires;

2° Ou les pompes sont aspirantes et foulantes.

1er *cas*. Si les pompes sont aspirantes et élévatoires, la charge à soulever se compose de :

1° L'eau contenue au-dessus des pistons des pompes;

2° Les tiges et pistons des pompes.

Dans ce cas, la descente des pistons et des tiges a lieu en vertu de leur poids seul, sans effectuer de travail; il faut alors que leur poids ne soit que juste équivalent à la charge nécessaire pour produire cette descente, sans quoi la machine effectuerait un travail inutile à chaque coup de piston.

Pour que le poids effectif des pistons et des tiges ne soit pas supérieur à la charge nécessaire pour produire leur descente, il faut, le plus souvent, les attacher à l'extrémité d'un balancier dont l'autre extrémité est chargée de contre-poids.

Ce genre de pompes n'est donc pas très convenable, quand le puits est profond, c'est-à-dire quand le poids des tiges et pistons est considérable.

On est cependant obligé d'y avoir recours, sinon pour toute la hauteur du puits, du moins pour les pompes inférieures qui sont exposées à être noyées, et ne pourraient se réparer si elles étaient à refoulement.

2e *cas*. Si les pompes sont aspirantes et foulantes, la charge à soulever se compose seulement des tiges et des pistons des pompes.

Dans ce cas, la montée de l'eau dans les tuyaux d'ascension et la descente des tiges et pistons ont lieu, en vertu du poids de ces pièces. Quand, par hasard, ce poids n'est pas assez considérable, ce qui est fort rare, on peut en ajouter facilement, sans addition d'aucune espèce de pièces.

Ce genre de pompes est donc le plus convenable pour les épuisements; aussi est-ce celui que l'on emploie de préférence, le précédent étant, comme nous avons dit plus haut, réservé pour les étages inférieurs seulement.

Par le fait seul que les machines d'épuisement sont comprises dans les trois dernières catégories, il est de la plus haute importance de leur donner toutes les dispositions qui peuvent apporter de l'économie dans la dépense de vapeur, attendu que la consommation du combustible y est considérable. Aussi ces machines sont-elles toutes à détente et condensation; à détente parce qu'on peut appliquer ce mode de distribution à toutes les machines; à condensation, parce que l'eau ne peut manquer d'être en abondance là où la force motrice est spécialement employée à l'extraire.

C'est ainsi que pour les machines d'épuisement des mines du Cornwall, on est arrivé à ne brûler que 2 kilogr. au plus de houille par force de cheval et par heure, tandis que dans les autres modes d'application de la force motrice de la vapeur, cette consommation est au moins de 4 kilogr. et s'élève quelquefois à 6 kilogr.

La transmission du mouvement du piston moteur aux tiges et pistons des pompes s'effectue de trois manières principales, savoir :

1° Par l'intermédiaire d'un balancier droit;

2° Par l'intermédiaire d'un balancier d'équerre;

3° Sans balancier.

§ 1er *Machines d'épuisement à balancier droit.* Ces machines, qui sont les mieux disposées pour la condensation, par la facilité qu'elles offrent pour la mise en mouvement des pompes, conviennent spécialement pour les pompes aspirantes et foulantes.

Elles consistent en un balancier porté sur un mur, et communiquant, par chacune de ses extrémités, d'une part à la tige du piston moteur, d'autre part à la *maîtresse tige* des pompes.

La course des pistons est limitée, d'une part, par les fonds des pompes contre lesquels frappent accidentellement les pistons; d'autre part, par une traverse en fer, passée dans l'oreille du balancier et venant accidentellement aussi frapper contre des poutrelles élastiques avant que le piston n'ait atteint le fond du cylindre.

Nous disons accidentellement, en parlant des arrivées du piston moteur à chacune des extrémités de sa course, parce que le poids des tiges, la pression de la vapeur dans le cylindre et les ouvertures des soupapes sont réglées de manière à ce que ces chocs n'aient pas lieu, dans l'état normal de la machine. La distribution des machines d'épuisement se fait généralement au moyen de soupapes. Nous avons vu comment elle a lieu pour machines à double effet; nous allons expliquer en quoi celle des machines à simple effet en diffère.

Dans ce cas, il n'y a que trois soupapes, savoir :

La soupape d'admission;

La soupape d'équilibre;

La soupape d'exhaustion.

La première permet à la vapeur d'entrer dans le cylindre au-dessus du piston.

La seconde établit la communication entre le dessus et le dessous du piston.

La troisième permet à la vapeur, contenue sous le piston, de se rendre au condenseur.

La première et la troisième s'ouvrent ensemble, quand la seconde vient de fermer. Alors le piston descend et, comme la machine est à détente, la soupape d'admission se ferme pendant le trajet de ce dernier depuis le haut jusqu'au bas du cylindre. Quand le piston est arrivé à ce point, la troisième se ferme et la seconde s'ouvre.

La communication ayant lieu entre le dessus et le dessous, la pression devient égale de part et d'autre, et le piston remonte en vertu du poids des tiges. A peine est-il arrivé en haut que la soupape d'équilibre se ferme, après quoi les deux autres s'ouvrent et ainsi de suite.

La vitesse des machines d'épuisement se règle au moyen d'un petit appareil, appelé *cataracte*.

La cataracte est une pompe à piston plein mis en mouvement par un levier chargé à son extrémité d'un contre-poids. Ce levier est prolongé de l'autre côté de son centre d'oscillation de manière à être rencontré

par la tige de la pompe à air quand cette dernière descend.

Nous avons vu que quand le piston à vapeur arrive au bas de sa course, la soupape d'équilibre s'ouvre et le piston remonte par l'action du poids des tiges.

Le contre-poids ayant été soulevé par l'action de la tige de la pompe à air sur l'extrémité opposée du levier, tend à redescendre quand la tige est remontée; mais il est retenu par le piston qui presse sur l'eau aspirée dans le corps de pompe, laquelle s'écoule dans la bâche par un robinet qui se manœuvre à la main. Plus le robinet est ouvert, plus le contre-poids descend facilement et vite: plus il est fermé, au contraire, plus le contre-poids met de temps à descendre.

Entre la soupape d'admission et la chaudière à vapeur existe une quatrième soupape, dite soupape régulatrice. Cette soupape est mise en mouvement par le levier; son ouverture est donc plus ou moins fréquente suivant le plus ou moins de vitesse que met le contre-poids à descendre.

Au moyen de la cataracte on proportionne le nombre de coups de piston de la machine et des pompes d'épuisement à la quantité d'eau qu'il y a à extraire dans un temps donné.

Les machines employées dans le comté de Cornouailles forment le type le plus parfait du genre de machines d'épuisement qui nous occupe. Les principes sur lesquels repose la construction de ces machines et la supériorité de travail qu'elles donnent, sont :

1° Des chaudières de dimensions colossales, avec de très grandes surfaces de chauffe, trois ou quatre fois plus grandes que dans les machines ordinaires, et qui donnent au moins 8k,25 de vapeur pour 1k de houille;

2° L'emploi de la vapeur à 3 ou 4 atmosphères avec des détentes considérables, que l'on porte quelquefois à dix fois le volume primitif de la vapeur, et que l'on varie en raison du travail à faire;

3° De larges soupapes d'admission et d'émission ouvertes presque instantanément;

4° L'introduction de la vapeur à une température élevée dans la chemise qui enveloppe le cylindre; introduction qui produit une notable économie de combustible, et sert à vaporiser l'eau entraînée par la vapeur.

Les résultats réels des machines de Cornouailles sont très remarquables; elles rendent, d'après les expériences faites avec soin par l'ingénieur anglais Wicksteed, plus du double de travail que les machines de Watt, pour la même quantité de charbon. Ainsi il a obtenu, en employant la vapeur à 3 atmosphères 1/2 et détendant de 1 à 3,20, près de 30,000,000km pour 100 kil., d'excellente houille du pays de Galles, soit 300,000 kil.-mèt. par kil. de charbon; résultat qui avait été exagéré d'après les rapports de quelques ingénieurs, mais qui est bien suffisant pour déterminer l'adoption de ce genre de machines pour les grands épuisements de mines, lorsque l'on doit recourir à l'emploi de la machine à vapeur.

§ 2. *Machines d'épuisement à balancier d'équerre.* — Le balancier d'équerre est indispensable, pour les machines d'épuisement, toutes les fois que les pompes sont aspirantes et élévatoires. L'extrémité porte une tige en fer à laquelle sont suspendus des poids en quantité suffisante pour faire équilibre à l'excédant de poids des tiges sur le poids rigoureusement nécessaire à leur descente, lequel est peu considérable.

Le cylindre à vapeur est alors horizontal et communique le mouvement au balancier, par l'intermédiaire d'une bielle dont l'une des têtes s'assemble avec l'extrémité du balancier.

Nous ne connaissons pas d'application de ce genre de machines à simple effet pour les mines. Nous avons vu fréquemment employer le balancier d'équerre pour les petits épuisements, mais alors il fonctionnait dans une circonstance particulière que nous allons relater.

Il arrive souvent dans les mines qu'un puits cesse de donner des produits, ou cesse de servir à l'épuisement; en d'autres termes, qu'une machine reste sans usage près d'un puits. Dans ce cas, si on a percé un puits dans le voisinage, pour faire un épuisement, au lieu d'y transporter la machine qui chôme, on établit une communication de mouvement, au moyen d'une série de bielles consécutives, entre elle et un balancier d'équerre situé à l'orifice de ce puits. Pour cela il suffit d'adapter une manivelle à l'autre extrémité de l'arbre moteur de cette machine qui, quoique à double effet, sert à manœuvrer des pompes à simple effet.

Ce n'est point une situation régulière de machine, il est vrai, mais cela suffit pour servir provisoirement dans une exploitation.

§ 3. *Machines d'épuisement sans balancier.* — Dans ces machines, le cylindre à vapeur est vertical et la tige de son piston est située directement sur le prolongement de celle des pompes.

Ce système convient dans les mêmes circonstances que le système à balancier droit, c'est-à-dire pour pompes aspirantes et foulantes; seulement le poids du piston à vapeur, au lieu de contrebalancer une portion du poids des tiges, s'ajoute à ce poids, et il faut une disposition accessoire pour équilibrer l'excédant de poids des tiges dans le cas où il y en a.

Nous avons vu une machine de ce genre, de la force de 300 chevaux, établie à *Ougrée*, près de *Liége*, dans l'usine de M. *Michiels*. Elle sert à la fois à souffler les hauts-fourneaux et à épuiser la mine. Elle est d'une remarquable simplicité; mais c'est là, à notre avis, le seul mérite de ce système.

CHAPITRE II. MACHINES SOUFFLANTES.

Les machines soufflantes se composent de deux grandes parties principales, savoir : la machine à vapeur; la soufflerie.

De tous les systèmes de souffleries qui existent, le seul dont nous parlerons ici est celui à cylindre et piston.

Avant d'entrer dans les détails de diverses dispositions employées pour transmettre le mouvement du piston à vapeur au piston soufflant, nous croyons devoir donner quelques renseignements sur la détermination des dimensions relatives de ces deux pistons.

Soit h la hauteur manométrique, en mercure, correspondant à la différence des pressions intérieure et extérieure de la soufflerie.

La pression sur le piston soufflant est égale à :

$$0{,}785\,D^2 \times h \times 13590.$$

D étant son diamètre et 13590 le poids du mètre cube de mercure.

Par suite des frottements qui s'opèrent dans le mouvement de l'appareil, le travail produit n'est que les 0,90 du travail dépensé; il faut donc, pour qu'il y ait équilibre entre le piston à vapeur et le piston soufflant, que la pression sur le piston à vapeur soit égale à $\frac{1}{0{,}90}$ de celle qui existe sur le piston soufflant, c'est-à-dire :

$$1{,}11 \times 0{,}785\,D^2 \times h \times 13590.$$

Si d est le diamètre du piston à vapeur à basse pression, sans détente à condensation, la pression de la vapeur sur sa surface est :

$$0{,}785\,d^2 \times 0{,}76 \times 13590.$$

Admettant qu'il n'y a que les 0.60 du travail produit qui soient utilisés, et les courses étant égales de part et d'autre, on a :

$$1{,}11 \times 0{,}785\,D^2 \times h \times 13590 = 0{,}6 \times 0{,}785\,d^2 \times 0{,}76 \times 13590.$$

Réduisant, il vient :

$$1{,}11\,D^2 h = 0{,}6\,d^2 \times 0{,}76.$$

$$\text{d'où} \quad D = d\sqrt{\frac{0{,}41}{h}}$$

d'où l'on tire pour des valeurs croissantes de h :

Pour h =	$0^m,025$ D =	4,08 d.
	$0^m,050$	2,88
	$0^m,075$	2,34
	$0^m,100$	2,04
	$0^m,125$	1,82
	$0^m,150$	1,68
	$0^m,175$	1,54
	$0^m,200$	1,44

Nous traitons de ces machines dans un article spécial qui suit celui-ci, nous y renvoyons.

CHAPITRE III. MACHINES A ROTATION.

Considérées sous le point de vue le plus général, les machines à rotation sont celles dans lesquelles la transmission du mouvement de la puissance à la résistance a lieu par l'intermédiaire d'un arbre principal, appelé *arbre moteur*.

Les machines pour navigation ou transport sur terre, transmettant le mouvement de cette manière, sont par conséquent des machines à rotation. Ce qui les distingue de celles dont nous avons à parler ici, c'est qu'elles sont mobiles avec le véhicule qu'elle mettent en mouvement, tandis que celles qui transmettent le mouvement à un arbre de couche sont fixes.

On pourrait donc diviser les machines à rotation en deux classes, savoir :

Les machines à rotation fixes;

Les machines à rotation mobiles.

Mais il existe une différence si marquée entre les dispositions des appareils moteurs pour bateaux et les locomotives, qu'il nous a paru infiniment plus convenable d'adopter trois classes, et de donner aux machines de la première le nom de machines à rotation, sans ajouter le mot fixe, attendu que les machines à rotation mobiles ont chacune un nom particulier qui ne permet pas la confusion.

Il existe un grand nombre de dispositions des machines à rotation. Si nous voulons les passer toutes en revue, nous devons nous occuper moins de la force à transmettre et du genre le plus convenable à adopter que des trois circonstances suivantes, savoir :

1° L'état physique du cylindre;

2° La position du cylindre;

3° La position de l'arbre moteur.

Cela tient à ce que ces machines étant très répandues, chaque mécanicien a voulu avoir son système à lui, et l'a trouvé dans une des combinaisons que l'on peut obtenir en faisant varier ces trois circonstances.

On peut se faire une idée du nombre possible de dispositions différentes des machines à rotation, en remarquant que :

1° Le cylindre à vapeur peut affecter trois états, savoir :

L'état de repos; l'état de mouvement par oscillation; l'état de mouvement par rotation.

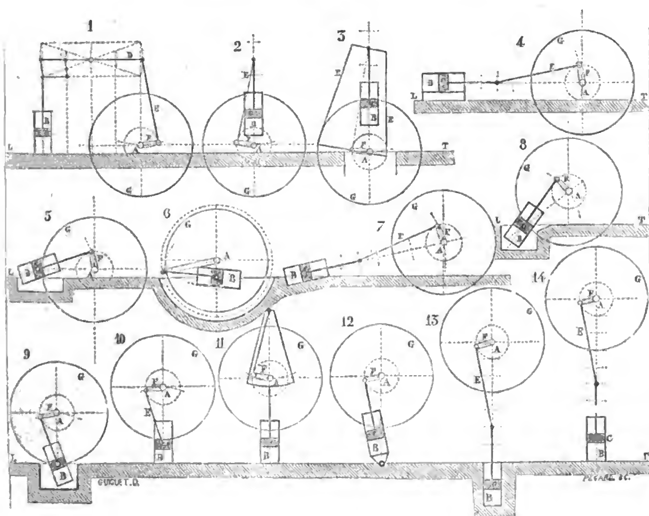
2° Il peut, ainsi que l'arbre moteur, occuper trois positions par rapport au sol, savoir :

Une position verticale; une position inclinée; une position horizontale.

Total 9 cas, donnant lieu à 27 combinaisons.

Nous ne nous arrêterons pas à la détermination de ces 27 combinaisons, attendu qu'elles jouent un rôle fort secondaire dans les dispositions principales des machines, comme nous allons le voir.

Des trois positions de l'arbre moteur, la position horizontale est la plus généralement employée.



Il existe quelques usines à plusieurs étages ou moulins à farine, dans lesquels l'arbre moteur est vertical, et transmet directement le mouvement aux divers étages. Cette disposition, fort bonne sous le point de vue théorique, présente quelques inconvénients pratiques, qui font qu'on ne l'emploie pas généralement.

Quand l'arbre moteur est vertical, on lui fait un coude, à la partie en présence de la machine à vapeur, et on lui transmet le mouvement au moyen d'une machine horizontale, dont la bielle se meut dans un plan horizontal. Nous verrons plus loin en quoi consiste ce genre de machines. On évite ainsi deux engrenages, pour transmettre le mouvement à l'arbre vertical communiquant avec les étages supérieurs.

Mais il résulte de cette disposition, que l'on est obligé de poser la machine à vapeur au pied de cet arbre vertical, ce qui n'est pas toujours commode. De plus, comme il repose inférieurement dans une crapaudine, il faut de très grands soins pour l'empêcher de se déplacer de son axe de rotation; et, si par malheur il se déplace un peu, il fait casser la bielle ou détruit les coussinets.

Les arbres moteurs inclinés n'existent pas, du moins nous n'en avons jamais vu, et n'en concevons l'emploi pour aucun cas important.

Quand l'arbre moteur est horizontal, il peut se trouver à diverses distances du sol; ce sont ces distances qui influent le plus particulièrement sur les dispositions des machines.

En effet, si on passe en revue les diverses hauteurs auxquelles peut se trouver un arbre moteur horizontal par rapport au sol, on ne tarde pas à se convaincre que chaque état physique du cylindre, ainsi que chacune de ses positions, convient plus particulièrement à l'une de ces hauteurs qu'à toutes les autres, et que, parmi les dispositions qui remplissent le même but, il en est qui sont plus propres à certains genres qu'aux autres.

Pour fixer les idées, supposons un cylindre de douze chevaux et un arbre moteur situé à diverses hauteurs au-dessus ou au-dessous du sol exprimées en fonction du rayon de la manivelle.

Nous savons que les dimensions principales sont, en représentant par R le rayon de la manivelle :

1° Diamètre du cylindre à basse pression = R;
2° Rayon de la manivelle = R;
3° Longueur du balancier = 6 R;
4° Longueur de la bielle = 5 R;
5° Diamètre du volant = 6 R.

Soient figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) :

L T, le niveau du sol;
A, l'arbre moteur;
B, le cylindre à vapeur;
C, l'épaisseur du piston augmentée de :
1° Le jeu du piston;
2° Les entrées des fonds dans le cylindre;
D, le balancier;
E, la bielle;
F, la manivelle;
G, le volant.

Nous avons :

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre — R et 0, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *à balancier* (fig. 1), dans laquelle la longueur de la bielle est égale à 6 R, ce qui n'est point un défaut;

2° Une machine *à bielles articulées* (fig. 2), dans laquelle la longueur des bielles est égale à 6 R;

3° Une machine *à bielle en cadre* (fig. 3), dont le sol est surbaissé,

4° Une machine *à cylindre tournant* (fig. 6), dans laquelle l'arbre moteur est au-dessous de l'axe de rotation du cylindre.

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 0 et + R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *à balancier* (fig. 2) dans son état normal;

2° Une machine *à bielles articulées* (fig. 4) dans son état normal;

3° Une machine *à bielle en cadre* (fig. 3), dont le sol est surhaussé;

4° Une machine *horizontale* (fig. 4) dans son état normal;

5° Une machine *oscillante*, horizontale (fig. 5);

6° Une machine *à cylindre tournant* (fig. 6).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre R et 3 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *inclinée* (fig. 7);

2° Une machine *oscillante*, inclinée (fig. 8).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 3 R et 4 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

Une machine *oscillante*, verticale (fig. 9).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 4 R et 5 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *à tige bielle* (fig. 10);

2° Une machine *à bielle en retour* (fig. 11);

3° Une machine *oscillante*, verticale (fig. 12).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 5 R et 6 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *verticale*, surbaissée (fig. 13), dans laquelle la longueur de la bielle est égale à 4 R;

2° Une machine *inclinée* (fig. 7).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 6 R et 8 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

Une machine *verticale*, surbaissée (fig. 13), dans son état normal.

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 8 R et 10 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

Une machine *verticale* (fig. 14).

Récapitulant, nous trouvons que, pour hauteurs de l'arbre moteur comprises entre — R et + 10 R, il existe 10 dispositions principales de machines à vapeur, savoir :

1° Les machines à balancier;
2° Les machines à bielles articulées;
3° Les machines à bielle en cadre;
4° Les machines horizontales;
5° Les machines oscillantes;
6° Les machines à cylindre tournant;
7° Les machines inclinées;
8° Les machines à tige bielle;
9° Les machines à bielle en retour;
10° Les machines verticales.

Nous allons passer successivement en revue chacune de ces dispositions.

I. Machines à balancier.

Les machines à balancier sont les plus anciennes de toutes les machines à cylindre et piston.

Autrefois, quand les diverses autres dispositions mentionnées ci-dessus étaient inconnues, on les appliquait à la transmission de toutes les forces motrices, quelque petites qu'elles fussent.

Aujourd'hui les machines à balancier ne sont employées que pour forces comprises dans la troisième catégorie et suivantes, c'est-à-dire à partir de 12 chevaux au moins. Quand la force motrice à transmettre

dépasse 30 chevaux, elles ont la seule disposition de machines à rotation que l'on emploie généralement. Il en résulte que, au-dessus de 30 chevaux, l'arbre moteur doit être renfermé entre les hauteurs — R et + R, par rapport au sol.

Les machines à balancier sont, nous l'avons déjà dit, les machines par excellence pour la condensation, à cause du point d'attache facile qu'elles offrent pour les tiges des pompes; aussi ce sont elles que l'en préfère, quand il y a à choisir, si l'appareil doit être à condensation.

Quand la force des machines ne dépasse pas 40 chevaux, il est toujours convenable de les établir sur une ou deux plaques de fondation réunies. Cela permet de les monter à l'essai avant de les expédier, et de déterminer ainsi exactement les longueurs et positions respectives de toutes les pièces, opération qui abrége singulièrement la besogne du mécanicien chargé de la pose.

L'appareil de condensation se fixe alors après la plaque de fondation, suffisamment évidée à cet endroit pour que l'on puisse y descendre et manœuvrer facilement en cas de réparation; des plaques rapportées servent à cacher cet appareil.

Le bâti des machines à balancier varie suivant leur force.

Pour machines de la première et de la seconde catégorie, c'est-à-dire de 12 chevaux au plus, on a fait pendant longtemps usage de l'entablement à 6 colonnes de Watt. Ce bâti, bien que fort lourd, vibrait toujours par suite du peu de solidité qu'offre le mode d'assemblage de l'entablement avec les colonnes.

Aujourd'hui on emploie presque spécialement deux chevalets reliés entre eux par des croix de Saint-André. Cette disposition est non seulement plus légère, mais encore plus solide, attendu que chaque chevalet est d'une seule pièce. Plus les chevalets ont de base, plus ils sont solides.

Pour machines de la troisième catégorie, c'est-à-dire de 12 à 25 chevaux, on emploie volontiers l'entablement à deux colonnes, ayant ses extrémités noyées dans les murs longitudinaux du bâtiment de la machine.

Les porte-guides du parallélogramme sont, d'une part, fixés à l'entablement au moyen d'écrous, d'autre part, supportés sur le cylindre au moyen d'une traverse et de une ou deux colonnettes en fer.

Pour machines de la quatrième catégorie, c'est-à-dire de 25 à 50 chevaux, on conserve l'entablement a deux colonnes, noyé dans les murs longitudinaux; seulement on le relie avec les murs transversaux, soit au moyen de jumelles en fonte, comme dans les machines de Saint-Ouen, soit au moyen de jumelles en bois servant de porte-guides au parallélogramme.

Dans tous les cas, il est important de traverser l'entablement et les colonnes par de forts boulons de fondation descendant à une profondeur suffisante dans le sol pour que les actions opposées du piston à vapeur et de la bielle sur le balancier ne puissent les soulever.

Pour machines de la cinquième catégorie et suivantes, on supprime l'entablement et on le remplace par un mur transversal en solide maçonnerie. Les supports du balancier portent sur un fort patin en fonte, dans lequel sont emboîtées les jumelles en bois qui aboutissent aux murs de face transversaux. Le tout est relié au mur par des boulons de fondation prenant inférieurement dans de fortes semelles en fonte, au-dessus desquelles est un lit de madriers transversaux qui augmentent la résistance de tout le poids de la maçonnerie qu'ils supportent.

II. Machines à bielles articulées.

Les machines à bielles articulées, dites système Maudslay, du nom de leur inventeur, ont remplacé les machines à balancier, dans presque tous les cas, pour forces à transmettre au-dessous de 25 chevaux. Ces machines qui s'emploient également avec ou sans condensation présentent l'avantage d'occuper peu de place, ce qui est une qualité essentielle dans les usines, surtout à Paris.

Quand elles sont à condensation, le cylindre est perché sur une plate-forme en fonte formant la base supérieure d'un piédestal à l'intérieur duquel est placé tout l'appareil de condensation.

Quand elles sont sans condensation, le cylindre est à une hauteur au-dessus du sol, suffisante pour permettre le passage de l'arbre moteur.

Dans les deux cas, la tige du piston est guidée en ligne droite par une traverse, glissant ou roulant dans deux coulisses.

Aux extrémités de cette traverse, en dehors des coulisses, sont les têtes supérieures des deux bielles qui transmettent le mouvement à l'arbre moteur, au moyen de deux coudes pratiqués sur la longueur.

III. Machines à bielle en cadre.

Ces machines que construisent seuls deux mécaniciens de Paris, MM. Beslay et Hermann, diffèrent des précédentes en ce qu'elles n'ont qu'une seule bielle et un seul coude à l'arbre moteur, disposition qui exclut l'appareil de condensation de dessous le cylindre.

Elles conviennent pour force ne dépassant pas 16 chevaux, la bielle acquérant, au-dessus de ce point, des proportions très grandes qui, par suite de son mouvement oscillatoire, produirait des vibrations dangereuses.

Elles n'admettent pas la condensation; car, à notre avis, ce n'est pas admettre la condensation que de nécessiter un excentrique pour mouvoir le piston de la pompe à air.

Ce en quoi elles peuvent l'emporter sur les machines à deux bielles articulées, c'est que, n'ayant qu'une seule bielle et un seul coude, elles ne souffrent pas autant que les premières quand l'axe de l'arbre moteur n'est pas perpendiculaire au plan de leur mouvement, ce qui arrive assez fréquemment.

En thèse générale, on peut dire que le but des mécaniciens qui adoptent cette disposition est bien plutôt d'avoir un système à eux que de perfectionner une disposition connue.

IV. Machines horizontales.

Les machines horizontales sont les machines par excellence pour l'exploitation des mines.

Elles sont tout à fait impropres à la condensation, mais elles reçoivent très bien l'application de la détente à deux tiroirs superposés.

Elles conviennent pour toutes les forces à transmettre; leur seul inconvénient est d'occuper une grande longueur, ce qui fait que, au-dessus de 25 chevaux, on leur préfère la machine à balancier.

Comme on peut sans inconvénient augmenter la vitesse dans ces machines, on remédie souvent à l'inconvénient de la longueur en leur donnant pour course la course des machines de force immédiatement inférieure. Cela a pour conséquence de diminuer d'un seul coup les longueurs du cylindre, de la bielle et de la manivelle, toutes longueurs qui s'ajoutent les unes aux autres.

V. Machines oscillantes.

On distingue deux classes de machines oscillantes, savoir:

Les machines à cylindre oscillant sur un axe situé au milieu de sa longueur;

Les machines à cylindre oscillant sur un axe situé à son extrémité.

PREMIÈRE CLASSE. *Machines à cylindre oscillant sur un axe situé au milieu de sa longueur.* — Ces machines ont été importées en France par MM. Tamizier et Cavé qui, pendant plusieurs années, en construisirent seuls. Aujourd'hui deux nouveaux constructeurs sont venus se joindre à ces messieurs, ce sont MM. Kientzy et Stoltz fils.

Chacun de ces mécaniciens a son système.

La machine de M. Tamizier est à un tiroir et entablement moyen âge.

Celle de M. Cavé est à deux distributeurs circulaires analogues aux papillons servant de régulateurs à main dans les locomotives, et à entablement toscan à 2 ou 4 colonnes.

La machine de M. Kientzy est à tiroir horizontal monté sur l'axe même d'oscillation, et à entablement moyen âge.

La machine de M. Stoltz fils n'a pas de tiroirs; la distribution se fait dans l'axe d'oscillation par le mouvement seul du cylindre ; son entablement est toscan à 2 colonnes.

De ces quatre systèmes, celui de M. Kientzy est le plus propre à recevoir la détente ; aussi ce mécanicien ne construit-il pas une seule machine qui ne soit à détente au moyen de deux tiroirs superposés.

Les machines oscillantes conviennent pour forces comprises dans les trois premières catégories, c'est-à-dire au-dessous de 25 chevaux.

M. Cavé, le mécanicien habile par excellence, a appliqué son système de machines à des forces de beaucoup supérieures à celles que nous mentionnons ici. Sans parler de ses bateaux à deux machines. nous citerons la machine oscillante, horizontale, qu'il a établie dans la laminerie de plomb de Saint-Denis. Cette machine est de la force de 60 chevaux et fonctionne très bien. Ce n'est pas une raison, selon nous, pour que l'on doive suivre cet exemple : nous n'avons fait aucune expérience sur cette machine, et ne pouvons dire par conséquent si elle donne beaucoup d'effet utile pour le combustible qu'elle consomme. Ce dont nous sommes certains, c'est qu'il n'est pas possible d'y effectuer une détente efficace ; c'est encore que le mouvement d'oscillation d'une masse de fonte considérable comme le cylindre doit absorber de la force. Jamais une machine oscillante ne vaudra une machine à balancier pour forces au-dessus de 25 chevaux.

Les machines oscillantes sont tout à fait impropres à la condensation. C'est encore un motif pour les faire rejeter quand la force des machines est notable, attendu que dans ce cas on condense toujours.

La machine de Saint-Denis vient elle-même nous prouver qu'elle devait être à balancier et non oscillante.

En effet, cette machine est à condensation. Comme elle ne possède pas de balancier pour la transmission de mouvement, on lui en a ajouté un qui sert à mouvoir les pompes. Il est bien entendu que nous n'attaquons cette machine que pour prouver qu'au-dessus d'une certaine force, il est plus convenable d'employer la machine à balancier que la machine oscillante, et non pour prouver que l'on s'est trompé en choisissant la seconde, attendu que nous ignorons complétement si ce n'est pas par suite de considérations relatives à la localité qu'on lui a donné la préférence.

DEUXIÈME CLASSE. *Machines à cylindre oscillant sur un axe placé à son extrémité.* — Il existe un grand nombre de systèmes de machines oscillantes en dessous. Les principaux sont les suivants, savoir :

1° Système Fèvre ;
2° Système Leloup ;
3° Système Frey ;
4° Système Farcot.

M. Fèvre, ingénieur des ateliers de la maison Derosne et Cail, est le premier qui ait exécuté des machines oscillant sur un axe situé à l'extrémité du cylindre à vapeur.

Les premières machines de M. Fèvre étaient d'une simplicité réellement extraordinaire ; malheureusement elles ne donnèrent plus d'assez bons résultats pour continuer à être adoptées. Elles consistaient en un cylindre à vapeur *à simple effet*, recevant la vapeur sous le piston. Ce cylindre se terminait inférieurement par une rotule sphérique, se mouvant dans une cuvette ou capsule en fonte, dont la surface intérieure coïncidait ou devait coïncider parfaitement avec la rotule.

Deux lumières ménagées à la partie inférieure de la capsule opéraient la distribution avec une troisième lumière mobile pratiquée à la partie inférieure de la rotule.

L'oscillation du cylindre suffisait pour opérer la distribution.

Le piston était plein et d'un poids suffisant pour que son action sur la manivelle fût la même en descendant qu'en montant, ce qui produisait le même résultat que le double effet dans les machines ordinaires.

M. Fèvre appliquait ainsi des machines de 1, 2, 3, etc., chevaux dans les différentes parties de l'atelier pour mouvoir des machines-outils. Elles ne fonctionnaient que quand l'outil marchait, se déplaçaient facilement, coûtaient peu, et ne se composant que de trois pièces, devaient ne jamais avoir besoin de réparations. Il y avait là une idée d'organisation du travail qui, si elle n'était pas la meilleure, présentait néanmoins certains avantages pratiques assez importants.

L'usage de ces machines fit bientôt reconnaître plusieurs défauts inhérents à leur nature même et qu'il fallut corriger.

D'abord, la rotule qui présentait, d'une part, le grand avantage de rendre insensibles les oscillations transversales du bouton de la manivelle, présentait, d'autre part, l'inconvénient de permettre au cylindre de tourner sur lui-même. Il fallut, pour éviter cela, munir la rotule d'un axe d'oscillation régulière ne se prêtant plus aux oscillations transversales.

Ensuite, au lieu d'une seule lumière à la rotule, il fallut en mettre deux, pour éviter la communication entre l'entrée et la sortie, et augmenter les dimensions de la section d'écoulement de la vapeur.

Malgré l'excellent rodage de la rotule on ne parvenait pas à empêcher les fuites et quelquefois le grippement entre les deux surfaces en contact. On rendit alors le contact des deux parties plus parfait en surmontant la rotule d'une zone, assemblée à boulons avec la cuvette.

La rotule, une fois prisonnière, il était facile de mettre la machine à double effet, ce qui la compliquait encore ; on le fit.

D'un appareil simple on arriva ainsi à un appareil passablement compliqué, possédant un assemblage à rotule difficile à exécuter, et ne possédant plus les avantages de l'idée première.

Tel est, sans doute, le motif pour lequel MM. Derosne et Cail, ne font plus, ou presque plus de ces machines ; peut être en est-ce un autre. Ce qui est certain, c'est que ces machines sont médiocres et ne peuvent convenir que pour des forces ne dépassant pas 5 ou 6 chevaux.

M. Leloup eut ou n'eut pas, avant M. Fèvre, l'idée de son système, qui est une modification importante du premier. Bien qu'il prétende être le premier en date, pour les machines oscillant en dessous, toujours est-il qu'il n'exécuta les siennes qu'en second.

Les machines de M. Leloup diffèrent essentiellement de celle de M. Fèvre, en ce que la rotule et la cuvette y ont été remplacées par un axe fixe, sur lequel oscille un coussinet en fonte, faisant corps avec le fond du

cylindre. L'axe et le coussinet sont cylindriques; ce sont donc des pièces faciles à exécuter, puisqu'il n'y a qu'à tourner et à aléser avant le rodage.

La distribution se fait, comme dans les précédentes, au moyen de lumières, deux au cylindre, trois à l'axe, dont une au milieu pour l'introduction ; deux de chaque côté pour l'exhaustion, ou réciproquement, ce qui indique de suite un moyen, dont a profité M. Leloup, pour changer la marche, moyen qui consiste à faire arriver la vapeur dans l'axe par une boîte à vapeur à tiroir ordinaire, et mobile à la main. Dans ces machines, comme dans les précédentes, il est bien difficile d'appliquer la détente à l'appareil de distribution. M. Leloup, cependant, l'adapte à toutes ses machines, seulement il l'effectue au moyen d'un appareil extérieur; tantôt au moyen d'un tiroir, tantôt au moyen d'une soupape, dont le mouvement est opéré par un excentrique à extension, permettant de varier la détente, depuis le quart jusqu'à la moitié de la course.

M. Leloup a exécuté des machines de ce genre, depuis 1 cheval jusqu'à 20 chevaux.

Elles fonctionnent bien, seulement elles perdent toujours un peu par l'axe à l'endroit des lumières, surtout quand elles dépassent 12 chevaux.

Peut-être, si l'on pouvait voir le travail des tiroirs, comme on voit celui de la distribution de ces machines, constaterait-on des pertes beaucoup plus considérables dont ne se doutent pas ceux dans les machines desquels elles ont lieu. Aussi, nous nous garderons bien de jeter la pierre aux appareils de distribution, par l'oscillation des cylindres, qui, eux, présentent au moins l'avantage d'accuser immédiatement les fuites qui ont lieu entre les surfaces frottantes, et de permettre ainsi de les faire cesser avant qu'elles aient eu le temps d'influer sur la consommation du combustible.

Ce qu'il faut avant tout, aux machines de M. Leloup, c'est un arbre moteur parfaitement parallèle à l'axe d'oscillation du cylindre; ce point obtenu, l'affaire du rodage n'est plus qu'un détail, qu'un mécanicien soigneux peut obtenir parfait.

M. Frey a voulu éviter l'influence du bouton de la manivelle sur l'appareil de distribution. A cet effet, il fait osciller son cylindre avec son axe creux dans deux supports placés de chaque côté ; puis il opère la distribution en dehors, comme M. Kieutzy, non pas au moyen d'un tiroir à coquilles, mais au moyen de deux surfaces coniques, l'une convexe, l'autre concave, et suffisamment serrées l'une contre l'autre, au moyen de deux boulons.

Cette disposition est fort ingénieuse, seulement elle ne peut être appliquée qu'à de petites machines, à cause du volume énorme de vapeur qui se perd, à chaque coup de piston, par les conduits des lumières au cylindre. La détente s'opère par la soupape, mise en mouvement, au moyen d'un appareil à soulèvement, variable par le pendule conique.

C'est une modification de la détente de M. Meyer, dont nous parlerons plus loin.

M. Farcot a fait des machines oscillantes, en dessous, dans lesquelles la distribution a lieu par un tiroir à détente, de son système. A notre avis, quand on en vient à effectuer la distribution dans ces machines, par des tiroirs, il nous semble qu'il est préférable de supprimer l'oscillation et de faire des machines verticales à cylindre fixe. C'est aussi ce qu'a pensé, sans doute, M. Farcot, car il ne nous paraît pas continuer à construire de ces machines.

En général, les machines oscillantes en dessous ne sont tolérables qu'autant que, à une bonne distribution, elles joignent une grande simplicité de construction. Les systèmes de MM. Leloup et Frey sont dans ce cas, quand l'ambition ne porte pas leurs inventeurs à les exécuter sur des forces dépassant 12 chevaux.

VI. Machines à cylindre tournant.

Nous dirons peu de mots de ces machines qui ne présentent qu'un intérêt secondaire.

M. Romancé, qui en eut le premier l'idée, les construisait de la manière suivante :

Le cylindre est monté sur un axe passant par le milieu de sa longueur, absolument comme dans les machines oscillantes.

La tige du piston sort par les deux fonds, et se termine de chaque côté par une traverse dans laquelle est un galet ; ces traverses sont de plus reliées l'une à l'autre extérieurement par deux tringles, traversant les brides du cylindre et formant un rectangle.

Une courbe en fonte, contre laquelle roulent les galets pendant la rotation du cylindre, est disposée de telle sorte que :

1° Dans quelque position que se trouve le cylindre, les galets sont toujours en contact avec la courbe.

2° Elle est normale à l'horizontale, passant par le centre de rotation.

Supposons maintenant que la vapeur agisse d'un côté du piston, la tige n'étant pas normale à la courbe en d'autres points qu'à l'origine, il y a pression inclinée sur la courbe; cette pression se décompose en deux : une normale qui est détruite par la résistance de la courbe, l'autre qui obtient tout son effet et fait tourner le cylindre.

La distribution s'opère d'une manière analogue à celle de la machine de M. Frey.

Cette machine présente de grandes difficultés d'exécution; peut-être serait-elle susceptible d'une application utile à la navigation pour de petites forces.

VII. Machines inclinées.

Les machines inclinées sont des modifications des machines horizontales fixes ou des machines oscillantes. Elles sont d'un emploi très rare dans l'industrie ; leur principale application a lieu dans la marine toutes les fois que l'on veut transmettre le mouvement du piston à l'arbre moteur des roues sans l'intermédiaire de balancier.

Si on les emploie peu dans l'industrie, bien qu'elles aient une place marquée par plusieurs hauteurs de l'arbre moteur au-dessus du sol, cela provient de ce qu'on préfère surhausser ou surbaisser le sol à l'endroit de la machine seulement, pour pouvoir appliquer tout autre système.

Les machines inclinées sont en général fort lourdes et ne présentent aucun avantage en compensation de leur excédant de poids sur les autres machines fixes qui leur font concurrence.

VIII. Machines à tige-bielle.

Ces machines, dont le but est de faire mouvoir un arbre situé à une distance moyenne du sol par un cylindre à vapeur vertical, situé au-dessous, sont de deux espèces, savoir :

1° Les machines à coffre ;

2° Les machines à couvercle mobile.

Les machines à coffre consistent en un cylindre vertical dont la tige est creuse et a pour section un rectangle dont les angles sont arrondis. La bielle, prenant à la partie inférieure de cette espèce de coffre, oscille dans son intérieur, il doit être de dimensions convenables ; et il faut remarquer que si on donnait à ces machines les mêmes proportions qu'aux autres, elles ne pourraient s'exécuter, l'oscillation de la bielle exigeant pour la tige une largeur plus grande que celle du cylindre.

Il faut, pour ces machines, augmenter le diamètre et diminuer la course.

Un vaste stuffing-box, entourant la tige creuse, sert à intercepter la communication entre l'intérieur et l'extérieur du cylindre. On a construit en Angleterre un bâtiment à vapeur de la force de 1,000 chevaux, en deux machines sur ce système. Le but principal a été, en adoptant cette disposition, d'éviter le poids considérable que comportent les appareils moteurs ordinaires des bateaux à vapeur.

Les machines à couvercle mobile, inventées par MM. Legendre et Averly, mécaniciens à Lyon, consistent en un cylindre à vapeur ordinaire dont le piston est assemblé à charnière avec sa tige cylindrique, ce qui permet à cette dernière d'osciller.

Une portion du couvercle, portant le stuffing-box de la tige, est mobile dans une coulisse pratiquée dans l'autre portion qui est fixe, de plus, le stuffing-box est assemblé à rotule avec la portion mobile, de manière à permettre toutes les inclinaisons que prend la tige dans son mouvement d'oscillation résultant de sa liaison directe avec le bouton de la manivelle.

Sans nous déclarer positivement contre cette disposition, nous pensons que celle de la machine à coffre est préférable par la construction et par sa fermeture à l'endroit du passage de la tige. Le stuffing-box à rotule et cette plate-forme mobile sur le couvercle sont non seulement d'une exécution difficile, mais encore incapables de tenir longtemps la vapeur.

IX. Machines à bielle en retour.

Ces machines, dites système Pauwels, sont exclusivement adoptées par ce mécanicien et n'ont jamais été construites que dans ses ateliers.

Elles consistent en un cylindre vertical fixe dont la tige est guidée en ligne droite par une traverse dont les extrémités roulent ou glissent dans deux coulisses. Cette tige est surmontée d'un cadre à la partie supérieure duquel est assemblée à fourchettes une des extrémités de la bielle, dont l'autre extrémité vient recevoir le bouton de la manivelle à la partie inférieure du cadre. De cette manière, on rapproche l'arbre du sol d'une quantité égale à toute la longueur de la bielle. Malheureusement, pour ne pas donner trop de longueur au cadre qui surmonte la tige du piston, on est dans la nécessité de réduire la longueur de la bielle par rapport au rayon de la manivelle; M. Pauwels ne lui donne que 3 R au plus. C'est le seul défaut que nous puissions reprocher à ces machines qui s'emploieront du reste toujours avec avantage pour forces comprises dans la troisième catégorie, c'est-à-dire entre 12 et 25 chevaux. Ajoutons à cela que M. Pauwels y opère la détente variable au moyen d'un système fort ingénieux de doubles tiroirs.

Ces machines sont, comme la majeure partie des machines sans balancier, impropres à la condensation, attendu qu'elles nécessitent des dispositions accessoires compliquées pour le mouvement de la pompe à air.

X. Machines verticales.

Les machines verticales sont de deux classes, savoir :

Les machines verticales surbaissées;

Les machines verticales proprement dites.

PREMIÈRE CLASSE. *Machines verticales surbaissées.* — Ces machines consistent en un cylindre vertical fixe, transmettant le mouvement à la manivelle par l'intermédiaire d'une bielle, mais plus ou moins enfoncé dans le sol.

Parmi ces machines on distingue :

1° Les machines surbaissées à entablement ordinaire ;

2° Les machines surbaissées à entablement en colonne.

Les premières ont la tige du piston guidées en ligne droite, soit par un parallélogramme de Watt, soit par des glissoirs et glissières. Elles ne présentent rien de remarquable dans leur construction, mais leur disposition a donné l'idée à deux mécaniciens de Paris de tirer parti, pour le chauffage du cylindre, de son isolement dans le sol.

M. Tamizier, et, après lui, M. Frey, ont exécuté des machines verticales surbaissées dont le cylindre est chauffé par la fumée qui se rend, du fourneau de la chaudière, à la cheminée. Il existe une machine de ce genre, établie par M. Frey, chez M. Poupillier, rue des Vinaigriers, 29.

Depuis longtemps, l'idée de chauffer le cylindre par la fumée, a été émise; elle est même appliquée dans une ou deux des machines d'épuisement du Cornouailles. Cette application avait, dans son origine, présenté des inconvénients ; la chaleur brûlait les garnitures des pistons et stuffing-box, et convertissait les huiles en une crasse dure qui nuisait singulièrement à la bonne marche de la machine. On a alors dégagé les stuffing-box du contact de la fumée et remplacé les garnitures de chanvre des pistons par des garnitures métalliques; on a, de plus, supprimé le graissage. L'irrégularité du chauffage par les gaz comparée à la régularité du chauffage par la vapeur ; mais surtout les inconvénients du chauffage du corps de pompe, en tout temps, même quand la machine ne marche pas, ont empêché le succès de ce système.

Les machines à entablement, en colonnes, importées d'Angleterre, par M. Alexander ou par M. Farcot, et exclusivement adoptées par ces deux mécaniciens, consistent en un piédestal, au niveau de la plate-forme duquel affleure le couvercle du cylindre, surmonté d'une grosse colonne creuse à quatre ouvertures longitudinales, dans laquelle se fait le mouvement de la tige du piston, guidée en ligne droite par un parallélogramme d'Olivier Évans, disposé de manière à communiquer le mouvement à la pompe à air, pour condensation.

La corniche de cette colonne est surmontée d'un support dans lequel est logé le tourillon de l'arbre moteur, voisin de la manivelle.

Ces machines, d'un aspect agréable, sont d'une grande solidité et peuvent s'exécuter sur de fortes dimensions; mais elles sont un peu lourdes.

Elles conviennent parfaitement pour la condensation, grâce au parallélogramme qui sert de guide à la tige du piston.

Le principal défaut qu'elles possèdent, à notre avis, c'est d'avoir leur distribution enterrée, condition inhérente à la disposition des machines verticales surbaissées.

DEUXIÈME CLASSE. *Machines verticales proprement dites.* — Les machines verticales, proprement dites, diffèrent des précédentes en ce que l'entablement qui supporte le tourillon de l'arbre moteur est surhaussé de la quantité dont le cylindre sort du sol, pour avoir sa plane de fondation de niveau avec lui.

Ce sont les plus gracieuses de toutes les machines à vapeur, quand elles sont bien construites. Occupant peu de place à la base, elles s'élèvent majestueusement en étalant aux yeux de l'observateur toute leur transmission de mouvement. Mais elles ne peuvent convenir malheureusement que pour de petites forces, à moins que l'on se décide à faire des murs suffisamment épais pour aller maintenir en place un arbre moteur, et un entablement à une hauteur égale à au moins neuf fois le rayon de la manivelle, ce qui, pour 100 chevaux fait 9 mètres.

La hauteur de 5m,00 nous paraît un maximum pour

ce genre de machines. Or, 5 mètres correspondent à un rayon de manivelle de 55 centimètres au plus, c'est-à-dire à 16 chevaux.

Il existe trois systèmes principaux de machines verticales, représentés par trois mécaniciens de talent savoir :

1° Le système Imbert ;
2° Le système Bourdon ;
3° Le système Meyer.

Dans les machines de feu Imbert, la tige du piston est guidée en ligne droite par deux galets, roulant entre deux colonnettes en fer, portant, par leur base, sur le cylindre, et par leur corniche à l'entablement de la machine. Cet entablement, monté sur deux colonnes, est relié à un fort mur en pierre de taille qui l'empêche de prendre le moindre mouvement vibratoire.

La détente s'y effectue, au moyen d'un seul tiroir à recouvrement mû par un excentrique dont la forme est déterminée d'après le point de la course où l'on veut détendre.

Ces machines sont très soignées et donnent assez d'effet utile. Une d'elles, essayée par nous, au frein dynamométrique, détendant au 1/3 et calculée pour donner une force de 15 chevaux à 60 p. 100 d'effet utile, a donné une force de 17 chevaux 1/2.

Les machines de M. Bourdon sont, en tout point conformes à celles de M. Imbert, sauf en ce qui concerne la conduite de la tige du piston que M. Bourdon guide en ligne droite, au moyen d'un parallélogramme de Watt, dont les points fixes sont sur les colonnes de l'entablement, disposition qui permettrait facilement d'employer la condensation.

Les machines de M. Meyer diffèrent des précédentes par le système d'entablement qu'il y adapte et par sa détente, qui a lieu au moyen d'une soupape dont l'ouverture est réglée par le pendule conique. La tige du piston est, comme chez M. Imbert, guidée en ligne droite, par deux galets roulant entre deux colonnettes; mais l'entablement, au lieu de porter dans le mur, se termine aux colonnes, ce qui nécessite pour ces dernières un diamètre très fort, et deux autres colonnettes sur les cylindres, afin de diminuer autant que possible les vibrations qui résultent nécessairement de cette disposition d'entablement analogue à celle des anciennes machines de Watt, aujourd'hui abandonnée.

Nous avouons franchement que, pour notre part, nous trouvons cette disposition, non-seulement très vicieuse, à cause des vibrations forcées qu'elle suscite, non-seulement très disgracieuse, à cause des proportions énormes qu'il faut donner aux parties de l'entablement, mais encore très coûteuse pour celui qui l'exécute; aussi, sommes-nous bien convaincus que le mécanicien habile qui l'a adopté y renoncera tôt ou tard pour lui substituer la disposition d'entablement de MM. Imbert et Bourdon.

Quant à la détente, c'est bien différent; quoique nous préférions les tiroirs pour cette partie de la distribution, dans les petites machines, nous ne sommes pas assez ennemis des soupapes pour ne pas reconnaître qu'il y a là une très jolie disposition.

La bague du pendule conique qui, douée d'un mouvement rectiligne alternatif sur la tige de ce dernier, sert à manœuvrer les leviers de fermeture de la valve de gorge, suivant le plus ou moins d'écartement des boules, est remplacée par un cône tronqué à deux génératrices opposées saillantes. Ce tronc de cône tourne tangentiellement à l'intérieur d'un cadre, situé à l'extrémité d'une tige de soupape, maintenue fermée par un ressort ou un contre-poids. Chaque fois que l'une des génératrices saillantes rencontre en tournant la face de contact du cadre, elle le pousse en arrière et ouvre la soupape; cette ouverture est d'autant plus grande que la section du tronc de cône, correspondant au plan de cadre, a un plus grand diamètre. Ce tronc de cône est renversé de manière que, quand les boules s'écartent, par suite de la trop grande vitesse, il présente une petite section produisant une petite ouverture de soupape, tandis que, quand les boules se rapprochent, par suite de la trop petite vitesse, il présente une grande section produisant une grande ouverture de soupape. Les quantités de vapeur dépensée se trouvent ainsi proportionnelles aux quantités de travail à effectuer. C. E. JULLIEN.

Voir pour les appareils moteurs des bateaux et machines locomotives les articles : BATEAU A VAPEUR, LOCOMOTIVE.

Depuis que ce qui précède a été écrit, les perfectionnements apportés dans la construction ont eu pour effet de réaliser les progrès que nous avons expliqués à l'article MACHINE A VAPEUR (théorie). Les machines de Le Gavriant et Farinaux de Lille, analogues à celles de Woolf, sauf que les cylindres sont séparés, celles de Farcot à longue détente n'ont donné, d'après des expériences très bien faites en vue du prix proposé par la Société d'encouragement pour des machines brûlant moins de 1 kil. 50 par force de cheval, que des consommations de 1 kil. 30. Le prix leur fut décerné, et ces expériences ont constaté d'une manière définitive un progrès contesté jusqu'alors par bien des constructeurs.

La machine de MM. Le Gavriant et Farinaux est d'un système particulier qui a beaucoup d'analogie avec celle de Woolf, mais d'une construction plus simple. Les deux cylindres, comme nous l'avons déjà dit, au lieu d'être réunis, comme dans celle-ci, sont séparés et les tiges des pistons agissent directement sur les deux extrémités de l'arbre moteur.

L'axe moteur placé au-dessus de la machine est supporté par deux entablements encastrés par leurs extrémités dans les murs et supportés par des colonnes. Les tiges des pistons de chaque cylindre sont appliquées sur des manivelles, calées aux extrémités de l'axe. Le volant est placé au centre et porte une denture qui communique le mouvement aux machines opératrices. Son poids peut être peu considérable parce que les bielles et manivelles s'équilibrent par un calage convenable des manivelles, la partie supérieure du petit cylindre communiquant avec la partie supérieure du grand. Les deux cylindres ont la même course, mais la section du cylindre de détente est quatre fois plus grande que celle de l'autre. Le petit cylindre est seul entouré d'une chemise de vapeur, disposition qui devrait être étendue aux deux cylindres.

La chaudière se compose de huit bouilleurs placés longitudinalement et d'un corps de chaudière placé transversalement dans une espèce de four à réverbère. Elle fonctionne à une pression de 4 à 5 atmosphères.

La disposition employée a l'avantage d'exposer directement une très grande surface à l'action rayonnante du foyer, et par suite de vaporiser une grande masse d'eau avec une quantité donnée de combustible. Avec l'appareil à sécher la vapeur qu'ils y ont joint, les résultats se sont trouvés tout à fait satisfaisants.

La machine de M. Farcot présentée au concours, alimentée par sa chaudière à circulation décrite à l'article VAPEUR, offrait comme disposition remarquable le premier essai d'application de l'ingénieuse théorie de M. Combes pour faire disparaître les inconvénients de l'espace nuisible.

Nous devons citer comme aussi parfaite la machine de MM. Thomas et Laurens, à haute pression et à détente prolongée, qui brûle aussi moins de 1 kil. 50 par force de cheval. Nous donnerons quelques détails sur cette dernière machine qui est surtout dans une voie nouvelle, en ce que la vitesse du piston y est très grande, ce qui n'avait pas eu lieu jusqu'ici pour les machines fixes. Des vitesses encore plus considérables

ont été employées par M. Flaud dans de petites machines, dont les avantages, quant à l'économie, n'ont pas encore été complétement constatés.

La machine de MM. Thomas et Laurens est une machine horizontale. Un seul cylindre, enveloppé par la vapeur non-seulement sur ses parois latérales, mais encore sur ses deux fonds, reçoit le piston qui commande directement l'arbre moteur de la fabrique. Le diamètre du piston est de $0^m,60$, la course de $1^m,20$.

La détente de la vapeur, qui entre dans le cylindre à une pression assez élevée, est très prolongée, car l'admission n'a lieu que pendant 1/13 à 1/17 de la course. Malgré cela, la régularité de la marche est assurée à l'aide d'un volant d'un poids modéré, grâce à la vitesse du piston qui est de 35 coups doubles par minute.

La consommation de houille ne dépassant pas 1 kil. 30 à 1 kil. 50 dans cette machine, les avantages de la détente prolongée, combinés avec des enveloppes de vapeur, se trouvent bien démontrés par l'expérience.

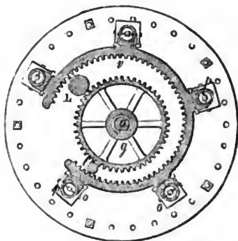
Nous avons fait suivre la machine à vapeur de quelques machines, mues le plus souvent par celle-ci.

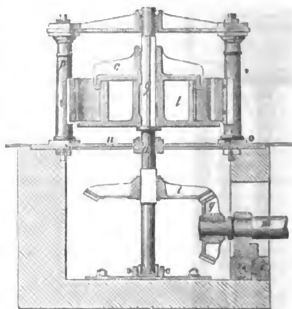
MACHINE A EXTRACTION. On a établi depuis quelques années en Allemagne, en Angleterre et en Belgique, sur nombre de mines profondes, des appareils destinés à éviter aux ouvriers la fatigue excessive qui résulte de la circulation par le moyen d'échelles presque verticales, placées dans les puits d'une grande profondeur, où les dangers de la descente et de la remonte par les tonnes servent à l'extraction. Ces appareils, dont nous donnons la description à l'article MINES, procurent de grands avantages dans l'exploitation des mines d'une grande profondeur, mais ils ont l'inconvénient de prendre beaucoup de place et par suite d'exiger presque toujours un puits spécial.

M. Méhu a inventé et établi récemment sur la fosse Davy, à Anzin, profonde de 200 mètres, une machine analogue, mais qui peut servir à la fois à l'extraction des minerais et à la circulation des ouvriers. Cette machine se compose de deux couples de tirants jumeaux pourvus de taquets à loqueteaux, sur lesquels reposent les vases d'extraction montants ou descendants, et animés d'un mouvement vertical, alternatif. Une de ces couples de tirants sert à élever les vases pleins, tandis que l'autre couple sert à descendre les vases vides. Sur l'une et l'autre ligne, les vases sont élevés ou descendus par relais successifs, séparés par intervalles de repos, pendant lesquels ils restent déposés sur des taquets ou loqueteaux fixés aux parois du puits, et disposés par étages à des intervalles un peu moindres que l'amplitude d'une excursion des tirants. Les tirants parcourent à chaque excursion $15^m,408$. Les étages de taquets fixes, sont séparés par des intervalles de $14^m,124$. Les tirants opposés, montant et descendant, sont réunis l'un à l'autre par une chaîne articulée, qui se plie sur un disque dont le contour est un décagone régulier de $0^m,428$ de côté. Ce disque fait 3 tours 6/10 à chaque excursion; puis le sens de la rotation change pour produire l'excursion en sens inverse. Ce mouvement circulaire alternatif est imprimé par un appareil à vapeur composé de deux machines agissant par des manivelles placées à angle droit sur un même arbre dont le mouvement est transmis à l'arbre de la poulie par une chaîne sans fin articulée. Des tasseaux placés sur cette chaîne renversent, au moment convenable, le sens de la rotation imprimée par les machines. Un mécanisme approprié fait varier la course des tiroirs de distribution de manière à obtenir une vitesse décroissante par degrés, lorsque les tirants approchent des limites de leur course. Enfin les tirants mettent aussi en mouvement un jeu de pompes pour l'épuisement des eaux du fond.

MACHINE A LOUPES. On emploie depuis peu dans nombre de forges à l'anglaise, pour le cinglage des loupes, un appareil très ingénieux qui remplace le marteau frontal et la presse à macquer ou squeezer, avec une notable économie de force et de main-d'œuvre, et qui est représenté en coupes horizontale et verticale (fig. 1480 et 1481). Cette machine se compose : d'un

1480.





1481.

tambour *t*, formé d'une seule pièce en fonte et armé extérieurement de dents qui accrochent la loupe; d'un comprimeur mobile *c*, qui se soulève lorsque la loupe est grande et descend, en vertu de son propre poids, lorsqu'elle est moindre; d'une volute fixe *v*, armée intérieurement de dents; de colonnes *p*, *p*, fixées à tenon sur la plaque d'assemblage *o*, *o*, et destinées à s'opposer à tout mouvement latéral de la volute; d'un arbre en fer forgé *a*, mobile dans une douille en fonte fixée sur une plaque solidement boulonnée sur la fondation : cet arbre, qui imprime le mouvement de rotation au tambour *t* et au comprimeur *c*, par le moyen de la clef ou goupille carrée *g*, traverse, un peu au-dessous du tambour, une douille retenue au moyen d'une plaque en fonte *n*, et est maintenu à sa partie supérieure par une plate-forme à cinq bras fixés aux colonnes *p*; d'un engrenage conique *i*, *q*, servant à transmettre le mouvement de l'arbre moteur *m* à l'arbre du moulin à loupes *a*.

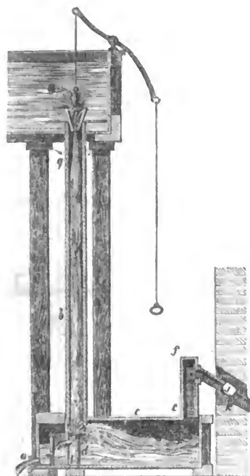
Cet appareil fonctionne très simplement : la loupe présentée en L (fig. 1480) est entraînée par le mouvement du tambour *t* et sort en *l*, réduite aux dimen-

sions qu'elle doit avoir pour passer au laminoir. Le cinglage d'une loupe ne dure que 6 secondes environ et un seul appareil peut desservir 50 à 60 tours à puddler.

L'entretien de cet appareil n'est qu'environ le dixième de celui du marteau frontal, et la rapidité avec laquelle il opère procure des pièces plus chaudes, et qui par suite passent plus facilement au laminoir et y donnent de meilleurs produits.

MACHINES SOUFFLANTES. Les machines soufflantes servent, comme leur nom l'indique, à lancer l'air destiné à alimenter les feux et fourneaux métallurgiques, et dans quelques cas à l'aérage des mines. Nous allons décrire ces machines en commençant par les plus simples et les plus anciennes.

Dans les forges pyrénéennes où l'on dispose généralement d'un excès de force motrice, on emploie presque partout, pour machines soufflantes, des *trompes*, dont l'une est représentée dans la fig. 1482. Elle se compose d'un arbre vertical foré *b*, qui plonge inférieurement dans une caisse *c*, de forme variable, et qui aboutit par



1482.

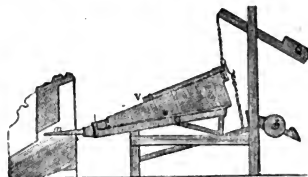
le haut à un réservoir *a*, où afflue un courant d'eau. L'arbre, de forme carrée ou cylindrique, est muni à sa partie supérieure d'un entonnoir évasé *p*, qui descend dans son intérieur et que l'on peut fermer ou bien ouvrir plus ou moins à l'aide d'un tampon de bois. Cet entonnoir, un peu au-dessus de l'extrémité supérieure de l'arbre, a un étranglement ou *étranguillon*, autour duquel l'arbre est percé de plusieurs trous *q*, appelés *aspirateurs*. La colonne d'eau qui traverse l'étranglement et qui entraîne l'air fourni par les aspirateurs, vient heurter, dans la caisse inférieure, un fort madrier *d*, appelé le *tablier*, sur lequel elle se brise, en laissant dégager l'air qui adhérait à ses filets. L'air accumulé dans la caisse suit un tuyau vertical *e f g h*, appelé l'*homme*, puis un tuyau flexible de peau de mouton *j*, pour se rendre à la buse *k*, qui consiste en un tube de fer portant le nom de *canon de bourrec*. L'eau alimentaire s'échappe de la caisse *c*, par l'ouverture *l*, s'élève dans la caisse *n*, jusqu'à un niveau déterminé par la hauteur de la cloison *m*, et passant ensuite par dessus celle-ci, s'écoule par l'orifice o.

Au lieu de régler la quantité d'eau débitée par la trompe, au moyen de tampons en bois qui ferment plus ou moins l'étranglement *p*, comme nous venons de le voir, on adapte quelquefois au canal *a*, une vanne mobile, percée dans sa hauteur d'un trou, qui remplit l'office d'un aspirateur.

Une trompe bien établie ne rend que 10 p. 100 d'effet utile.

Soufflets. Il y a deux siècles, on se servait généralement, en Europe, de doubles soufflets en cuir analogues à ceux que l'on voit encore dans les forges de maréchaux. Plus tard, on remplaça le cuir, qui s'usait assez rapidement, par des plateaux en bois munis de ressorts, et au lieu d'un seul soufflet, on en mit deux pour régulariser le vent. Ces machines, quoique fort imparfaites, firent faire un grand pas à la métallurgie, et sont encore employées sur le continent dans un grand nombre d'usines à plomb, à étain, et de feux de forge : on leur a donné le nom de *soufflets pyramidaux*.

La figure 1483 représente l'élévation d'un pareil soufflet. *m*, est la buse du soufflet ; G, la partie fixe inférieure ; et V, la partie mobile supérieure, qui est relevée par une chaîne placée à l'extrémité d'un levier à



1483.

contre-poids, et abaissée par l'action de cames situées sur l'arbre moteur et qui agissent sur l'extrémité d'un levier de la seconde espèce relié par une chaîne à cette partie.

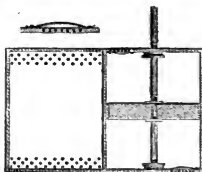
L'effet utile des soufflets pyramidaux est de 0,25 à 0,30 de la force existant sur l'arbre des cames.

Après ces soufflets, on a employé, et on emploie encore dans quelques endroits, des caisses rectangulaires en bois, munies supérieurement de clapets s'ouvrant du dehors au dedans, et dans lesquelles se meuvent des pistons en bois garnis de liteaux à ressorts ; l'air s'échappe de ces caisses par des soupapes placées en sens contraire des précédentes, et se rend par un tuyau dans le porte-vent ou dans le régulateur.

Machines soufflantes à piston. De toutes les machines soufflantes, la plus habituellement employée, lorsque l'on a besoin d'une pression de vent supérieure à celle que donnent les ventilateurs, est la machine à piston. Tantôt, comme nous venons de le dire, on les établit grossièrement en bois, à simple effet, avec des pistons garnis de liteaux à ressort, tantôt on les construit avec des cylindres en fonte alésés et avec des pistons analogues à ceux des machines à vapeur.

Il y a quelque temps un mécanicien nommé Monssard reconnut que l'on pouvait supprimer dans les souffleries les garnitures, et par suite le frottement du piston, en donnant à ce dernier un certain jeu, le fai-

sant mouvoir avec une assez grande vitesse et pratiquant sur son pourtour une série de cannelures ou rainures annulaires dans lesquelles il s'établit, pendant le mouvement, des remons qui suffisent pour s'opposer au passage de l'air d'une face du piston sur l'autre. Nous avons établi très économiquement d'après ce principe un soufflet de la force de trois chevaux, et qui nous a donné d'excellents résultat. Nous allons en donner la description : La soufflerie se compose de deux soufflets à double effet (fig. 1483 *bis*) juxtaposés dont les caisses en bois ont 0m,50 de côté sur 0m,60 de hauteur. Le piston est carré, a un décimètre d'épaisseur et porte sur tout son pourtour cinq cannelures équidistantes d'environ un centimètre de profondeur. Il y a aussi peu de jeu que possible entre le piston et les parois, à cela près qu'il n'y ait pas de frottement. Les tiges des pistons sont en fer; elles traversent dans des boîtes à étoupes les deux fonds des soufflets; elles sont guidées dans leur mouvement par des coulisseaux et menées par des manivelles montées à 45° l'une de l'autre sur l'arbre moteur. Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont disposées comme des âmes de soufflets; pour les premières on a percé dans les fonds des soufflets, avec une mèche de 15 millimètres, six rangées de trous, et pour les secondes, trois rangées de trous de même diamètre à la partie supérieure et inférieure de la face qui donne dans la caisse à vent; ensuite on a formé chaque soupape avec une peau de veau passée au dégras, coupée en rectangle et fixée par les quatre coins d'une manière assez lâche au moyen de vis. Les pistons donnent de 50 à 60 doubles coups par minute.

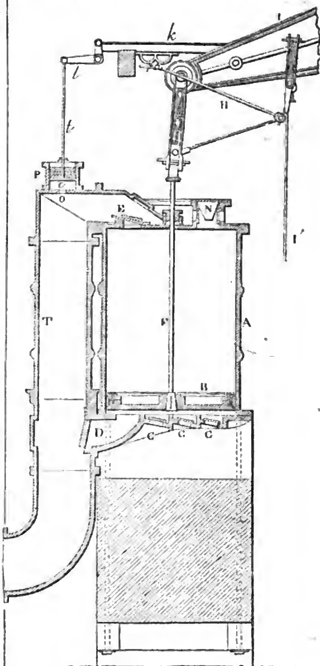


1483 *bis*.

Ce système de soufflerie exige des caisses à vent ou régulateurs de beaucoup plus faibles dimensions que les autres machines à piston; il peut être facilement établi en fonte et avec beaucoup d'économie, vu la grande vitesse à laquelle il doit fonctionner (lorsqu'il est construit en fonte il peut donner jusqu'à 200 et 300 coups de piston par minute), ce qui n'offre nul inconvénient, puisque les pistons ne frottent pas sur les parois du corps du soufflet et permet de réduire dans des proportions énormes les frais de volume de l'appareil, de poids et d'alésage de la fonte et en général tous les frais de premier établissement.

Nous venons de parler d'un système de machines soufflantes dans lequel le piston de la soufflerie est monté sur la même tige que celui de la machine à vapeur, et avons indiqué les bons résultats de ces machines lorsqu'on emploie des machines à vapeur où le piston se meut rapidement. Comme on a encore peu construit de machines travaillant dans ces conditions et donnant des résultats économiques, on n'a guère employé jusqu'à ce jour, pour les grandes souffleries, celles des hauts-fourneaux notamment, que des machines soufflantes à balancier, qui se prêtent également avec facilité à être mues par des roues hydrauliques. Leur organe principal consiste en un cylindre alésé, en fonte et à double effet.

La fig. 1484 donne la coupe d'une de ces machines : A, est le cylindre alésé en fonte, dans lequel se meut le piston B, dont la tige F, traverse le couvercle dans une boîte à étoupes M, et vient s'attacher au parallélogramme articulé H, qui termine le balancier I, mû par une machine à vapeur ou tout autre moteur; l'air est aspiré au-dessous du piston par les trois soupapes C, C, C, et au-dessus par les deux soupapes N; il est refoulé, par les soupapes D et E, dans le tube T, qui le conduit aux régulateurs ou directement au porte-vent. Au-dessus de ce tuyau se trouve une ouverture O, qui



1484.

communique avec un petit cylindre P, dans lequel se meut un piston c, dont la tige t, est liée par le moyen de leviers coudés et de bielles l, k, I', etc., à la valve d'arrivée de la vapeur motrice, ou à la vanne d'arrivée de l'eau, suivant que le moteur est une machine à vapeur ou une roue hydraulique; de sorte que celle-ci se trouve réglée par la pression de l'air, sous le piston c, qui demeure ainsi sensiblement constante.

Lorsque le moteur est une roue hydraulique et que l'on a peu de place, on dispose le cylindre soufflant au-dessus d'un arbre parallèle à l'arbre de couche de la roue, qui communique avec ce dernier, au moyen d'un engrenage, et qui est lié par des manivelles coudées et des bielles à la tige du piston de la machine, dont le mouvement rectiligne est assuré par deux glissières verticales dans lesquelles roulent des galets por-

tés sur une tringle horizontale qui, en son milieu, est fixée à la tige du piston.

Les machines soufflantes à cylindre alésé en fonte, rendent 50 à 55 p. 100 d'effet utile, c'est-à-dire du travail transmis à l'arbre moteur.

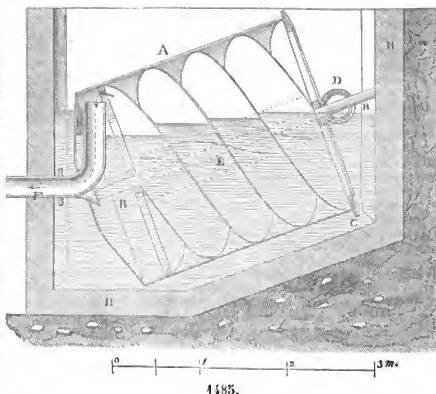
On emploie dans quelques localités des gazomètres en tôle, guidés dans leur course par un ou deux guides passant dans des boîtes à étoupes, et animés d'un mouvement rectiligne alternatif dans une cuve pleine d'eau; ils portent à leur partie supérieure des soupapes s'ouvrant du dehors en dedans pour aspirer l'air lors de leur mouvement ascensionnel, et des tuyaux traversant le fond de la cuve viennent déboucher, par des soupapes s'ouvrant de bas en haut, dans l'intérieur des gazomètres au-dessus du niveau de l'eau, et donner écoulement à l'air qui s'y comprime lors de leur mouvement de descente. Dans ces machines l'eau sert de piston. Elles sont peu coûteuses d'établissement, et donnent des résultats satisfaisants.

Lorsqu'on a besoin d'un vent très régulier, que ne peuvent donner les machines que nous venons de décrire, on interpose entre la machine soufflante et le porte-vent un appareil qui porte le nom de *régulateur*. Ces régulateurs sont tantôt d'un grand volume, en tôle, en fonte, en bois et en maçonnerie, et à capacité constante, tantôt à poids constant: ces derniers sont de véritables gazomètres, analogues à ceux des usines à gaz, mais plus petits, ce sont alors des *régulateurs à eau;* tantôt ils sont composés d'un cylindre muni d'un piston mobile chargé d'un certain poids, ce sont des *régulateurs à piston.*

Il nous reste encore à parler de trois machines soufflantes dont l'invention est plus récente, et qui diffèrent totalement des deux précédentes; ce sont la vis d'Archimède, le tympan de la Faye employés comme machine soufflante et le ventilateur.

C'est M. Cagniard de Latour qui a fait le premier, en 1809, l'application de la vis d'Archimède comme machine soufflante. Cette machine a reçu le nom de *Cagniardelle*, d'après celui de son inventeur. La figure 1485 qui représente la coupe d'une de ces machines établie à Mulhouse, dans la fonderie de MM. A. Kœchlin et compagnie, et fournissant 35 mètres cubes d'air sous une pression de 27 millimètres de mercure, avec une vitesse de six tours par minute: A, cylindre en tôle formant le corps de la vis; B, axe de ce cylindre fixé dans une position inclinée, et autour duquel tourne le cylindre. C, grande roue d'angle fixée au corps de la vis; D, pignon engrenant avec la roue précédente et mis en mouvement par la machine à vapeur de l'établissement; E, tube central pour la circulation de l'eau: il est quelquefois remplacé par un noyau plein, l'eau se dégorgeant alors simplement à la partie inférieure de la vis qui est ouverte; F, tuyau coudé dont l'embouchure est au-dessus du niveau de l'eau du réservoir R, et qui conduit au porte-vent l'air refoulé de haut en bas par chacune de quatre spires de la vis; H, bassin en maçonnerie ou en bois contenant l'eau dans laquelle la vis est plongée.

Le *tympan de la Faye* a été employé pour la première fois, comme machine soufflante, en Transylvanie, vers 1840, par M. Débreczeny (voir notre Mémoire, *Annales des Mines*, 4me série, tome VI, p. 113, 1844). Les fig. 1486 et 1487 donnent deux coupes verticales de cette machine, et la fig. 1488 représente, à une plus grande échelle, l'assemblage du tympan avec la caisse à vent. Le tympan est composé de deux compartiments contigus: A, B, C, sont les trois joues du tympan; deux d'entre elles B et C sont percées en leur centre d'ouvertures circulaires. Les joues B et C sont reliées à l'axe D, par les bras E, E'. La joue A est également fixée par des boulons à une pièce de fonte F, assujettie sur l'axe D, par des cales en bois G, G. I, I, sont les tourillons avec leurs coussinets supportés par les piliers



1485.

L, L. Le tourillon I de l'axe moteur vient s'assembler à l'axe D du tympan, après avoir traversé une boîte à étoupes K, qui sert à empêcher l'eau de sortir de la bâche M, où elle doit être maintenue exactement à la hauteur de l'axe du tympan. H, est le cylindre par lequel l'air s'échappe du tympan pour pénétrer dans la caisse à vent *l*, dans laquelle on peut entrer à l'aide du trou d'homme P. La caisse à vent *l* communique à sa partie inférieure avec la bâche M, par l'ouverture R, pratiquée dans la cloison verticale N, de sorte que l'eau s'y élève au même niveau. Les supports Q, des cloisons en tôle S...., sont en bois de chêne, et fixés sur les joues en bois A, B, C, à l'aide de vis également en bois, le long des courbes tracées sur ces joues, d'après le même procédé que l'on suit pour le tracé des volutes en architecture. Les cloisons en tôle S, .., sont fixées par des vis à bois sur les supports Q,..., et mastiquées avec un lut imperméable à l'eau; en outre, elles sont recouvertes à leurs extrémités par des lisières en bois T,..., chevillées sur les joues A, B, C. U, sont les barres en bois, et U', les tirants en fer qui relient tout l'appareil. V, sont les pilotis qui supportent les deux lits de charpente en bois W, X, sur lesquels repose toute la machine.

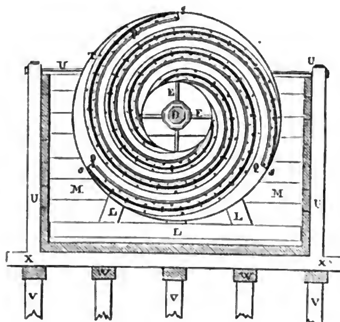
Le cylindre H, est figuré plus en grand avec tous ses détails d'assemblage (fig. 1488). Il est assemblé sur la joue C, à l'aide des boulons *a*, et se meut librement dans l'intérieur d'une ouverture circulaire pratiquée dans la paroi N, qui sépare la caisse à vent *l*, de la bâche M. Un anneau en fonte *b*, est assujetti sur la paroi *n*, à l'aide des vis *g*, et un autre anneau *d*, est aussi fixé sur le cylindre H, à l'aide des vis *e*. Cet

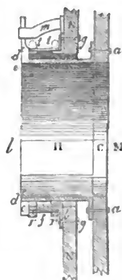
anneau *d*, tourne dans un anneau concentrique *c*, fixé à la paroi N, par la potence *m*. Un godet à huile et un trou qui traverse *c*, permettent de faire arriver constamment un peu d'huile entre les surfaces de frottement. Enfin, les deux anneaux *b* et *c*, sont reliés entre eux par un cylindre en cuir *f*, recouvert d'une couche de caoutchouc et serré par deux anneaux à charnières *r*, *r*, qui se ferment à l'aide des vis *t*, et sont fixés sur *b* et *c*, comme on le voit sur la figure. Enfin, pour diminuer le frottement et soulager la potence *m*, l'anneau *c*, se trouve équilibré par un contre-poids.

Au bout de quelque temps, et par suite du poli qu'acquièrent les surfaces frottantes des anneaux *d* et *c*, le frottement devient sensiblement nul.

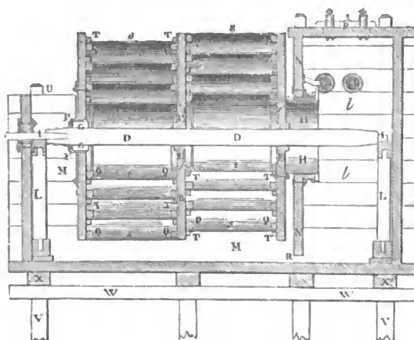
La machine recevant un mouvement de rotation autour de son axe, les cloisons en spirale S, en arrivant dans l'eau emprisonnent une certaine quantité d'air qui, allant de la circonférence au centre, se rend dans le noyau creux du tympan, et de là dans la caisse à vent. La pression de l'air est d'autant plus grande que le mouvement de rotation est plus rapide ; la limite supérieure de ces deux quantités varie avec les dimensions du tympan. Cette limite est de 5 tours 1/2 pour le tympan que nous venons de décrire ; la pres-

1486.





1488.



1487.

sion du vent est alors de 45 millimètres de mercure, et la machine peut alimenter deux feux d'affinerie.

L'établissement de ces machines est très économique, et leur effet utile de fort peu inférieur à celui des meilleures machines à piston et à cylindre en fonte alésé.

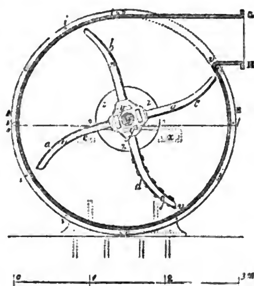
MM. Suchet, Motte, etc., ont aussi employé comme machine soufflante des vis consistant en un noyau plein auquel est fixée une spire d'une cloison hélicoïde. Cet appareil est placé dans un cylindre dont le contour est rasé par les bords de la cloison hélicoïde à laquelle on imprime un mouvement de rotation continu. On donne à la vis un noyau suffisamment gros pour éviter l'existence de deux courants d'air en sens inverse, l'un le long de l'axe, l'autre près des parois du cylindre. Lorsqu'on fait tourner la vis dans un sens, l'air qui la remplit ne peut être délogé, et ne peut circuler en sens inverse du mouvement de rotation imprimé à la vis, qu'en vertu de la pression déterminée par le choc de l'orifice antérieur de la vis sur l'air que cet orifice vient frapper, et du vide déterminé en arrière de son orifice postérieur, par suite du même mouvement. Il n'y a là aucun effet de force centrifuge, car l'air peut sortir de la vis à la même distance de l'axe de rotation où il est entré, il n'y a aucune raison pour que les choses se passent autrement. En un mot, la cause qui fait circuler l'air dans les canaux hélicoïdes, dont on peut concevoir le creux de la vis comme composé, est la même que celle qui ferait circuler de l'eau ou de l'air dans un tuyau rectiligne, ouvert par les deux bouts, auquel on imprimerait un mouvement de trans-

lation, au milieu d'une masse d'eau ou d'air stagnante, dans une direction formant, avec l'axe du tuyau, le même angle que chaque canal hélicoïde forme avec le plan perpendiculaire à l'axe de la vis, plan qui est celui du mouvement de rotation.

En changeant le sens du mouvement de rotation, la vis, de soufflante qu'elle était auparavant, devient une machine aspirante. Elle a été appliquée en Belgique à l'aérage de quelques mines. Son effet est un peu inférieur à celui des ventilateurs bien construits.

Il nous reste à parler des ventilateurs qui consistent en ailettes droites ou courbes en tôle, montées sur un croisillon dont l'axe est animé d'une grande vitesse de rotation, et renfermées dans un tambour. L'air est aspiré par deux ouvertures pratiquées au centre des faces latérales du tambour, et s'échappe à la circonférence par une ouverture disposée à cet effet, en vertu de la force centrifuge et de celle qui lui est imprimée par les palettes qui viennent le choquer.

Comme exemple de ces machines, nous donnerons, fig. 1489 et 1490, deux coupes verticales d'un ventilateur alimentant les cubilots de la fonderie de M. J.



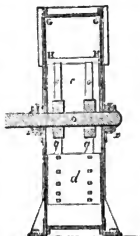
1489.

Martin à Rouen; ABCD, est le tambour en fonte dans lequel tournent 4 ailes Oa, Ob, Oc, Od, formées par les plaques en tôle a, b, c, d, fixées au moyen de vis et d'écrous, sur 8 bras de fer m, n, o, p. Chacun de ces bras pénètre dans une des pièces de fonte ee ou ff, fixées sur l'arbre O, et y est maintenu au moyen d'un écrou, introduit à l'avance et de côté dans ces pièces, par l'une des 4 ouvertures g, qu'il remplit exactement. Aux deux faces planes du tambour sont fixés les supports x, x, des coussinets de l'arbre O. Le tambour est fixé sur le sol, au moyen de boulons y, y. L'arbre O, n'est pas placé au centre du cercle A C B v; il est rapproché vers le point v, de manière à ce que les ailes, dans leur mouvement de rotation, ne soient distantes de l'enveloppe extérieure au point v, que de 1 à 2 millimètres. L'air entre dans le tambour par les deux ouvertures latérales et circulaires $z z z$, et se trouve chassé par la force centrifuge contre les parois du tambour, d'où il sort par l'ouverture GH. Avec 600 tours par minute, ce ventilateur alimente un cubilot à deux tuyères, produisant 1250k de fonte de deuxième fusion avec une consommation totale de 290k de coke.

On communique ordinairement le mouvement aux ventilateurs à l'aide d'une courroie sans fin ; leur vitesse atteint souvent 1000 et même 1500 tours par minute. Le tambour se construit fréquemment, les deux plaques latérales et la plaque de fond en fonte, et l'enveloppe circulaire en tôle. Souvent aussi on supprime les coussinets de l'arbre des ailes, et on termine cet arbre par des pointes en acier qui servent de pivots. La conduite d'air doit avoir une section de très peu plus faible que celle des ouvertures d'aspiration, sans cela l'air refluerait par ces dernières. Pour faciliter l'écoulement du vent, on arrondit les coudes quand il est impossible de les éviter, et on emploie des buses d'un très grand diamètre, 8 à 12 centimètres.

L'effet utile du ventilateur, tel qu'on le construit habituellement, est un peu moins considérable que celui des machines à piston, et diminue très rapidement à mesure que la pression augmente ; mais le peu de place qu'il occupe, et la facilité et le bas prix de son installation, l'ont fait généralement adopter et avec raison dans tous les cas où l'on n'avait pas besoin d'air sous une forte pression, comme dans les fonderies à la Wilkinson, etc.

Dans les mines, les magnaneries, les salles de réunions publiques, etc., on emploie souvent le ventilateur ; mais, le plus souvent, comme machine aspirant par son centre l'air vicié des mines ou des habitations pour le rejeter au dehors dans l'atmosphère. Dans ce cas, on est généralement conduit à donner au ventilateur de plus grandes dimensions et une moindre vitesse, afin de diminuer les vibrations et le frottement de l'air contre les parois du tambour, et d'augmenter par suite l'effet utile de cette machine (voir, pour le calcul des ventilateurs, le Mémoire de M. Combes, *Annales des Mines*, 3e série, tome XVIII, p. 611, 1840).



1490.

Lorsqu'il s'agit d'établir une machine soufflante produisant un effet déterminé, la force motrice à employer est donnée en chevaux-vapeur par la formule :

$$F = \frac{1}{m} \times \frac{1}{n} \times 1{,}768 \times (+\, 0{,}0037\, t) \times \frac{h}{0{,}75 + h} \times P$$

dans laquelle :

m, est le coefficient qui exprime l'effet utile de la machine motrice ;

n, le coefficient qui exprime l'effet utile de la machine soufflante ;

t, la température de l'air dans le porte-vent ;

h, l'excès de pression de l'air, dans le porte-vent, sur la pression atmosphérique, mesuré en mètres de mercure ;

Et P, le poids de l'air à lancer par minute, en kilogrammes.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'un feu d'affinerie comtois à l'air froid (voyez FER), dont la soufflerie consiste en deux soufflets pyramidaux mus par une roue à augets prise en dessus ; on aura :

$m = 0{,}75$.
$n = 0{,}25$.
$t = 12°$.
$h = 0{,}035$.
$P = 5^k{,}20$.

Et substituant :

$$F = \frac{1}{0{,}75} \times \frac{1}{0{,}25} \times 1{,}768 \times (1 + 0{,}0337 \times 12)$$
$$\times \frac{0{,}035}{0{,}75 \times 0{,}035} \times 5{,}20 = 2^{ch}{,}14$$

Le cours d'eau moteur doit donc avoir une force de

$2^{ch},14$, c'est-à-dire fournir 160 litres 1/2 par seconde, tombant de 1^m, ou plus généralement, V étant son débit en litres par seconde, et H sa chute en mètres, on doit avoir $VH = 160,50$.

Si la machine soufflante était à piston et à cylindre alésé en fonte, on aurait $n = 0,50$ et $F = 1^{ch},07$.

P. DEBETTE.

MAÇONNERIE. On désigne, en général, sous le nom de maçonnerie, toute construction dans laquelle la pierre entre comme élément principal. Ce mot signifie également l'art de mettre en œuvre les matériaux : cette double acception lui est commune avec presque tous les mots servant à désigner les arts mécaniques.

Il est à remarquer que, si les peuples modernes ont laissé bien loin derrière eux les peuples anciens dans l'art des constructions en général, cette supériorité n'existe plus dans les travaux de maçonnerie. Les Grecs et les Romains ont fait preuve d'une habileté et d'un art consommés dans le choix et la mise en œuvre des matériaux qu'ils employaient aux constructions d'appareil, et même à celles qui n'avaient d'autre but que l'utilité. Sans porter nos explorations jusqu'en Italie, où les souvenirs des Romains se retrouvent à chaque pas, il nous suffira de citer en France les arènes et la Maison carrée de Nîmes, le pont du Gard, les arènes d'Arles, etc. Ce n'est pas seulement par leur caractère de grandeur et d'élégance que ces monuments doivent servir de modèles aux ingénieurs et aux architectes ; le choix minutieux des matériaux, le soin avec lequel ils sont assemblés, nous offrent aussi le meilleur exemple à suivre.

La France abonde heureusement en matériaux propres aux travaux de maçonnerie : en première ligne, il faut citer les granites de Cherbourg, de la Bretagne, de l'Auvergne et de quelques localités du midi de la France. Ces matériaux, dont la durée est bien connue, présentent l'inconvénient d'être très difficiles à tailler, très lourds, et par suite d'un transport difficile et coûteux ; aussi ne sont-ils guère employés qu'à certaines parties des constructions exposées à des chocs et à une fatigue continuelle, telles que les bordures des trottoirs, les dallages, les bornes, les soubassements de certains édifices, les piédestaux, etc. Certaines espèces de granite sont susceptibles de recevoir un très beau poli, elles ont été employées comme pierres d'ornement dans l'antiquité, et notamment dans les colonnes des anciens temples et des palais d'Egypte ; c'est aussi dans le granite qu'étaient taillés les obélisques qui conservent encore, après plus de 3000 ans, toute la vivacité de leurs arêtes, comme on peut s'en convaincre en examinant celui de Louqsor.

Après les granites, et dans l'ordre de durabilité, viennent les calcaires des terrains secondaires et ceux des terrains tertiaires. Les premiers sont d'une dureté remarquable, et par suite très difficiles à tailler ; mais, à cause même de cette dureté, ils conservent longtemps la vivacité de leurs arêtes, et sont par cela même très propres aux constructions d'un ordre très élevé.

Les calcaires des terrains tertiaires abondent en France, et fournissent aux constructeurs en grande abondance le moellon et la pierre de taille. Moins durs que les calcaires des terrains secondaires, ils offrent cependant une solidité et une résistance suffisantes pour être employés dans les grandes constructions. La ville de Paris est entièrement bâtie avec des matériaux de cette nature. Parmi les plus durs et les plus résistants, il faut citer la meulière, qui est d'un emploi général et souvent obligé dans les constructions les plus exposées à l'humidité, telles que les égouts, les fosses d'aisance, etc. ; la meulière résiste aussi très bien aux chocs ; c'est pour cela qu'elle a été employée exclusivement dans les fortifications de Paris. Dans quelques localités, et notamment dans les Vosges, on emploie aussi le grès comme pierre à bâtir ; mais le grès a presque toujours le défaut d'être ou trop dur ou trop tendre. Dans le premier cas, il est d'une taille difficile et coûteuse ; dans le second, au contraire, il ne peut conserver la vivacité des arêtes. On trouve cependant, dans les Vosges, des couches de grès qui donnent une bonne pierre de taille, c'est celle qui a servi à la construction de la cathédrale de Strasbourg.

Dans le midi de la France, on emploie aux constructions la craie blanche qui, dans ces contrées, jouit d'une assez grande dureté.

Choix et mise en œuvre des matériaux. Il s'en faut de beaucoup que tous les matériaux provenant d'une même carrière soient également propres à bâtir. Les bancs supérieurs donnent, en général, des pierres beaucoup moins dures et moins résistantes qui ne doivent jamais être employées dans les parties apparentes des ouvrages en maçonnerie. En outre, les différents bancs sont souvent séparés par des matières terreuses qui adhèrent plus ou moins aux matériaux de bonne qualité, et que l'on doit en séparer avec soin ; c'est ce qu'on appelle *ébousiner* les moellons ou la pierre de taille. Certaines pierres qui paraissent très dures sont incapables de résister à l'action de la gelée, sous l'influence de laquelle elles se fendent en tous sens. C'est surtout dans le calcaire dur, qui abonde dans la vallée de la Seine, que ce défaut se rencontre le plus souvent. L'habitude de l'emploi de ces matériaux peut seule faire connaître ceux qui sont défectueux ; cependant on peut les distinguer, en général, en ce qu'ils offrent une teinte plus blanche, et qu'ils se fendent facilement sous l'action du marteau. On les désigne sous le nom de pierres gélives. Il arrive que des pierres d'une assez bonne nature deviennent gélives pour avoir été employées immédiatement après leur extraction de la carrière. Il faut toujours laisser écouler quelques semaines entre cette opération et la mise en œuvre des matériaux. Enfin, quelle que soit la nature plus ou moins résistante des pierres que l'on emploie, il faut toujours avoir le soin de les poser sur leur lit de carrière, surtout lorsqu'elles ont un poids considérable à supporter : si l'on n'avait pas soin de suivre cette règle, on compromettrait la sûreté des constructions que l'on élève.

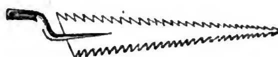
Certains travaux de maçonnerie sont entièrement exécutés en pierres de taille, c'est-à-dire en pierres d'un échantillon assez fort, et dont les parties apparentes ou parements sont taillées régulièrement suivant des surfaces planes ou courbes : ce sont les constructions de luxe, les monuments, les grands ouvrages d'art, tels que les grands ponts et viaducs situés dans le voisinage ou dans l'intérieur des villes ; mais ces constructions sont très coûteuses. Aussi, dans les travaux ordinaires, on emploie de préférence le moellon, c'est-à-dire une pierre de petite dimension, dont le parement est dressé avec beaucoup moins de soin. Cependant, dans les travaux qui exigent une grande solidité, les angles, les cordons, les parapets, sont presque toujours en pierre de taille. C'est ainsi que sont bâtis, en général, les murs de clôture et de soutènement, les ponts et ponceaux pour routes, canaux et chemins de fer, la plupart des maisons d'habitation et des grands établissements d'industrie, les hôpitaux, magasins, etc.

Il ne suffit pas d'avoir à sa disposition de bons matériaux pour faire des constructions solides et durables ; il est indispensable aussi d'y employer des mortiers de bonne qualité et convenablement préparés. Nous ne ferons pas ici la description complète des mortiers, qui seront l'objet d'un autre article ; nous nous bornerons à dire que la chaux et le sable qui les composent doivent être choisis avec beaucoup de soin. La chaux doit être bien éteinte, et présenter, après cette opération,

une pâte solide et parfaitement homogène ; on doit l'abriter du contact de l'air jusqu'au moment où elle est mélangée avec le sable. Celui ci doit être entièrement pur de matières étrangères. Cette condition est toujours mieux remplie par le sable de rivière ; aussi est-il préféré. Cependant on trouve quelquefois du sable de plaine tout aussi pur, et qu'on peut employer sans inconvénient. Pour les constructions en pierre de taille, où les joints ont très peu d'épaisseur, on doit prendre du sable très fin : les proportions employées ordinairement sont de 3 de sable et 1 de chaux. Dans les constructions hydrauliques, c'est-à-dire exposées au contact de l'eau, on emploie, pour la fabrication des mortiers, de la chaux hydraulique naturelle ou artificielle qui a la faculté de durcir sous l'eau, tandis que la chaux ordinaire n'y acquiert jamais de consistance. La chaux hydraulique est donc toujours employée dans la construction des murs de quai, des piles et culées des ponts, et souvent dans les voûtes des tunnels, lorsqu'ils traversent des couches de terrain où s'infiltrent les eaux en plus ou moins grande quantité.

La solidité des ouvrages en maçonnerie dépend naturellement des fondations sur lesquelles ils sont établis ; cette première partie du travail doit donc être l'objet de toute l'attention de l'ingénieur et de l'architecte. Il est nécessaire de s'assurer avant tout de la nature du sol sur lequel on se propose de bâtir. Lorsque l'ouvrage que l'on veut construire est destiné à supporter un grand poids, à résister à une poussée considérable, il est indispensable que la surface sur laquelle repose la première assise de maçonnerie soit incompressible, ou du moins que la compressibilité soit assez peu considérable et assez uniforme pour que les tassements qui peuvent en résulter, dans la maçonnerie, soient peu sensibles, et n'occasionnent pas de disjonctions dans les diverses parties du travail, de telle sorte que l'on n'ait à redouter ni déchirements ni lézardes. Il arrive fréquemment que, après avoir poussé le creusement des fouilles des fondations jusqu'à plusieurs mètres de profondeur, on est loin d'avoir atteint un sol qui remplisse ces conditions. Il est nécessaire alors, si l'on ne veut pousser les fouilles plus avant, de substituer à la résistance insuffisante du sol une résistance artificielle : pour cela, on a recours au *battage des pieux*. On nomme *pieux* des pièces de charpente dont la longueur varie suivant les circonstances, et d'un diamètre de 0m,25 à 0m,40, taillés en pointe à leur extrémité inférieure, qui est revêtue d'un sabot en fer, tandis que leur bout supérieur est armé d'une *frette* ou cercle également en fer ; on enfonce ces pieux dans le sol au moyen d'une machine nommée *sonnette*, et qui se trouve décrite au mot CHOC. La frette, dont le bout supérieur des pieux est revêtu, a pour but d'empêcher qu'ils ne s'écrasent sous les coups répétés qu'ils reçoivent pour s'enfoncer dans le sol. Lorsque les pieux sont arrivés à une profondeur telle qu'ils ne s'enfoncent plus que de quelques millimètres pour dix coups successifs, ils sont considérés comme étant *au repos* ; alors on les recèpe, c'est-à-dire qu'on les coupe suivant un plan horizontal à leur partie supérieure ; puis on établit sur ces pieux un *grillage* en charpente, et c'est sur ce grillage qu'on établit la première assise des fondations, qui consiste ordinairement en pierres d'un fort échantillon nommées *libages*. Cette méthode est souvent employée pour les travaux exécutés en lit de rivière, pour les murs de quai, etc. Le plus souvent, lorsque les fouilles atteignent un bon sol sans qu'on soit arrivé à une très grande profondeur, ou même, lorsque ce cas se présente, on remplit les fouilles jusqu'à une hauteur voisine du sol avec du *béton*. Le béton est un mélange de cailloux et de mortier fait à l'avance avec beaucoup de soin. Nous ne décrirons pas ici la fabrication du béton dont il est question dans un autre article ; nous dirons seulement qu'il doit être employé aussitôt après la préparation. Pour cela, on le verse dans la fouille des fondations par couches d'environ 0m,15, que l'on a soin de pilonner avec soin, en laissant un intervalle de plusieurs heures entre chaque série de trois ou quatre couches successives. Il est bien entendu que, lorsqu'il s'agit de constructions exposées, même accidentellement, au contact de l'eau, le mortier qu'on emploie à la fabrication du béton doit être hydraulique. On peut, dans les localités où le caillou est rare, le mélanger avec une certaine quantité de fragments de pierre. On emploie aussi fréquemment le béton pour fonder les piles et les culées des ponts construits sur les cours d'eau. (Voyez PONT.)

Dans tout ouvrage de maçonnerie la face extérieure prend le nom de parement ; les murs de clôture ont donc deux parements. Les parements s'exécutent avec plus ou moins de soin, suivant la nature des travaux. Lorsqu'il s'agit de constructions importantes où l'on emploie la pierre d'appareil, cette pierre est taillée avec soin sur la face extérieure et jusqu'à une certaine profondeur sur ses deux faces latérales que l'on nomme *faces de joint* et sur ses deux faces horizontales qui portent le nom de *lits*. Les pierres sont toujours disposées par rangées horizontales ou *assises* dont la hauteur varie de 0m,30 à 0m,80 à peu près. Les joints sont garnis avec beaucoup de soin de mortier fait, comme nous l'avons dit, avec du sable très fin pour qu'il se répande uniformément sur les deux surfaces qu'il est destiné à lier entre elles. On emploie pour le couler et l'étendre uniformément un outil nommé *fiche* (fig. 1491). Dans la maçonnerie de pierre de taille les joints verticaux ne doivent pas avoir plus de 5 millim. d'épaisseur et les joints horizontaux pas plus de 3 millimètres. Il faut avoir soin de disposer les pierres de parement, de telle sorte



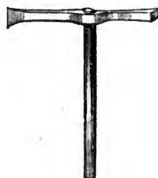
1491.

qu'elles se lient parfaitement avec le reste de la maçonnerie, de manière que le tout forme une masse compacte ; il suffit pour cela de varier la longueur de chaque pierre dans le sens perpendiculaire au parement.

La maçonnerie qui existe derrière le parement s'exécute avec des matériaux de dimensions variables et qu'il est inutile de tailler ; il suffit d'en détacher les portions terreuses. On peut même pour cette partie des travaux utiliser les matériaux qui seraient susceptibles de se fendre sous l'action de la gelée s'ils étaient employés en parement.

Le plus souvent les parements des ouvrages de maçonnerie se font en moellons que l'on dispose aussi par assises réglées qui portent le nom de *rangs* et dont on taille aussi la face, les joints et les lits. Mais ce travail ne s'exécute pas, à beaucoup près, avec autant de soin que pour la pierre d'appareil ; dans ce cas, en effet, la taille est faite par des ouvriers spéciaux et quelquefois, par l'habileté de l'exécution et la variété des formes, elle rentre presque dans le domaine de la sculpture ; pour le moellon, au contraire, il suffit de lui donner une surface sensiblement plane ; les maçons n'emploient pour cela qu'un seul outil nommé *hachette* (fig. 1492). Le moellon ainsi préparé se nomme moellon piqué ou moellon essemillé. Le premier diffère du second en ce que sa face apparente et ses joints sont taillés avec autant de soin qu'en comporte la hachette, tandis que le moellon essemillé est dressé grossièrement de manière à obtenir des moellons de même hauteur pour un même rang. Les joints entre les moellons ont 1 ou 2 centimè-

tres d'épaisseur. Il est important pour la stabilité des ouvrages que les moellons ne se touchent jamais, mais



1492.

qu'ils soient toujours séparés par une couche de mortier plus ou moins épaisse. Le mortier est manié avec un outil nommé truelle de maçon (fig. 1493).

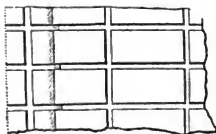
Dans la maçonnerie en moellons il faut avoir soin aussi de bien lier le parement avec la masse de la maçonnerie; on obtient une bonne liaison en variant les dimensions des moellons séparément dans le sens de l'épaisseur de l'ouvrage, c'est-à-dire en leur donnant plus ou moins de *queue*. Il faut aussi, de distance en distance, employer des matériaux qui traversent à peu près toute l'épaisseur de la construction; on conçoit facilement que ces matériaux, que l'on nomme *parpaings*, contribuent puissamment à la stabilité des constructions. On doit dans toute espèce de maçonnerie éviter que des joints verticaux se prolongent dans diverses assises successives. Si l'on ne prenait cette précaution les dégradations qui sont dues soit à l'infiltration des eaux, soit à la gelée, se propageraient rapidement sur toute la face d'un ouvrage.



1393.

Dans les parements de la maçonnerie de pierre de taille, les joints présentent diverses dispositions; les plus usitées sont celles que nous représentons ici (fig. 1494, 1495 et 1496).

Dans la maçonnerie de moellons piqués ou essemillés les joints se font pendant l'exécution ou après coup, on leur donne autant que possible une largeur uniforme, et souvent dans les travaux moins soignés, les murs de clôture, par exemple, le mortier s'étend sur les moellons

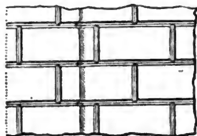


1494. *Bossage à joints droits.*

contigus, de manière à recouvrir une partie de leur surface; c'est ce qu'on appelle joint perdu.

On donne le nom de *limousinerie* à la maçonnerie construite en moellons non paremeutés; c'est ainsi que se font en général les fondations des bâtiments.

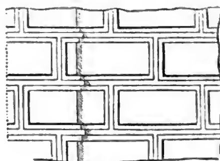
Lorsqu'une construction en pierre de taille est achevée, on procède au *ravalement*. Cette opération consiste à retoucher les angles et les parties apparentes des pierres en ce que la taille présente d'imparfait. Dans les maisons d'habitation et dans les édifices publics, les moulures des bandeaux, des fenêtres et en général tous les ornements sont taillés sur place après coup dans la



1495. *Bossage à onglets.*

pierre qui présente les saillies nécessaires pour le complément du travail.

Dans les constructions exposées à l'humidité, au contact de l'eau, on fait ordinairement les joints en ciment



1496. *Bossage à double épaisseur.*

romain. Ce travail demande des ouvriers habiles et expérimentés; les joints sont faits après l'achèvement de la maçonnerie, et il est nécessaire que le mortier ordinaire, qui a été employé pendant la construction, soit enlevé avec soin sur une profondeur de 1 centimètre au moins, pour que le ciment puisse adhérer solidement à la surface des matériaux.

Dans les maisons d'habitation dont les murs doivent être recouverts en plâtre, on emploie aussi fort souvent, pour la construction, du plâtre au lieu de mortier; le plâtre a l'avantage de sécher plus vite que le mortier et peut être employé sans inconvénient dans les constructions qui ne supportent pas des poids ou des poussées considérables.

On construit assez souvent des murs de clôture et de soutènement en pierres sèches, c'est-à-dire sans employer aucune substance pour les lier entre elles. Lorsqu'on dispose des matériaux de fortes dimensions, ces murs présentent une solidité suffisante; mais lorsqu'on y emploie des pierres de faible échantillon, comme cela se pratique souvent pour les murs de clôture, ces murs sont sujets à de fréquentes dégradations, ce qui est facile à concevoir, du reste, puisque les diverses parties de la construction n'ayant aucune liaison entre elles il suffit d'un effort peu considérable pour les déplacer.

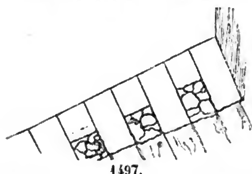
On emploie aussi souvent dans la construction des murs de clôture de la terre en guise de mortier. De semblables modes de constructions sont toujours très imparfaits et doivent être toujours exclus des travaux de quelque importance.

Les murs de soutènement présentent, en général, une inclinaison ou *fruit* qui est très variable. Autrefois, dans les revêtements des fortifications, le fruit était de $\frac{1}{5}$ ou de $\frac{1}{6}$ de la hauteur. L'expérience a démontré que cette grande inclinaison avait le grave inconvénient de faciliter la végétation des plantes parasites entre les joints, ce qui était une cause très fâcheuse de dégradation dans ces ouvrages. Le fruit le plus usité dans les fortifications actuelles est de $\frac{1}{20}$; dans les constructions civiles pour canaux, routes, chemins de fer, etc., le

fruit est ordinairement de $\frac{1}{12}$, pour les murs en aile des ponts, murs de soutènement, etc.

L'épaisseur des murs de soutènement est variable suivant la nature des matériaux, cependant elle est le plus souvent à la base égale au tiers de la hauteur du mur.

Perrés. Lorsque les talus d'un remblai sont exposés à de fréquentes dégradations, soit par l'action des eaux, soit par toute autre cause, on revêt en maçonnerie leur partie inférieure (fig. 1497); ce revêtement porte le nom de *perré*. Il se fait en mortier et en ciment ou en pierres sèches, suivant le plus ou moins de solidité qu'on veut obtenir et la nature des matériaux dont on dispose. Les perrés sont aussi employés pour maintenir les talus de certaines tranchées pratiquées dans des terrains glaiseux et sujets à des glissements. Les chemins de fer des environs de Paris, et entre autres celui d'Orléans, présentent beaucoup d'exemples de ces constructions, mais



1497.

elles sont principalement employées pour maintenir les berges des chemins de halage.

Maçonnerie de briques. Dans les pays où la pierre à bâtir est rare et, par conséquent, coûteuse, on lui substitue les briques, surtout pour les constructions civiles, les maisons d'habitation, murs de clôture; beaucoup de villes d'Angleterre sont presque entièrement construites en briques; il en est de même de la plupart des villes de l'Amérique du Nord. Les briques, par leur forme régulière, se prêtent bien aux constructions ordinaires, mais leur aspect est triste et monotone. Cependant les édifices de la renaissance et même du règne de Louis XIII, où l'on employait la brique combinée avec de la pierre de taille, ne sont pas sans mérite : l'ancienne partie du château de Versailles et la place Royale à Paris sont bâties de ce style. Les briques sont aussi employées fréquemment dans les grands travaux publics; en France et en Angleterre beaucoup de tunnels de chemins de fer sont entièrement revêtus en briques; ce sont aussi les matériaux dont on s'est servi presque exclusivement pour construire les immenses viaducs que l'on remarque sur le chemin de fer de Rouen au Havre.

La mise en œuvre des briques est fort simple; on les dispose par rangées en assises horizontales séparées par couches de mortier d'environ 1 centimètre. On a soin de les placer sur le parement tantôt dans le sens de la longueur, tantôt dans celui de la largeur, pour obtenir une liaison avec le massif de la construction. Ce n'est guère que dans les murs de clôture et dans ceux des maisons d'habitation, qui présentent une faible épaisseur, qu'on emploie la brique seule; ainsi dans les murs de soutènement où la brique est employée pour le parement tout le massif de la construction est en moellons; leurs fondations sont également en moellons ou en libages. Il en est de même dans les pieds-droits des voûtes et ponts construits en brique. Quant aux voûtes elles-mêmes, la brique y est ordinairement employée seule sur toute l'épaisseur lorsque cette épaisseur ne dépasse pas 0m,60 environ.

Prix de la maçonnerie. Ces prix sont très variables suivant les localités, la nature des matériaux employés le prix de main-d'œuvre, et voici les limites entre lesquelles ils sont ordinairement compris :

Maçonnerie en moellons pour fondations, de 10 à 16 francs le mètre cube.

Murs en élévation, construits en moellons ordinaires et mortier de chaux et sable, de 14 à 18 francs.

Les mêmes en meulière, de 18 à 22 francs.

Ceux pour fosses, hourdés en mortier hydraulique, de 20 à 24 francs.

Les murs circulaires et les voûtes d'arêtes et sphériques se payent 1 franc de plus par mètre cube.

La taille des parements des moellons durs et tendres se paye en outre, suivant la nature des moellons, y compris le jointoiement, de 2 fr. 50 c. à 5 fr. le mètre superficiel; celle des parements de meulière se paye jusqu'à 8 francs.

La maçonnerie de pierre de taille se paye de 100 fr. à 130 francs le mètre cube. Le ravalement se paye quelquefois à part, le plus souvent il est compris dans les prix que nous indiquons.

Le béton en cailloux se paye, y compris le battage, de 15 à 18 francs par mètre cube. Le béton de meulière concassée vaut jusqu'à 27 francs, tandis que celui qu'on fabrique avec des fragments de moellons ne vaut que 12 à 15 francs. L'enduit en chaux hydraulique sur béton vaut 1 fr. 25 c. par mètre superficiel.

La maçonnerie en briques se paye beaucoup plus cher que la maçonnerie en moellons; ainsi le mètre cube de briques de Bourgogne pour murs et ouvrages de forte épaisseur, voûtes et massifs, vaut de 70 à 75 francs; la brique ordinaire vaut de 35 à 50 francs.

E. CHEVALIER.

MADRÉPORES. Polypes à têtes calcaires, dont l'une des espèces constitue le CORAIL (voyez ce mot).

MAGISTRAL. Voyez ARGENT, *amalgamation américaine*.

MAGMA. Se dit en chimie de tout mélange à l'état de bouillie.

MAGNANERIE. Établissement où l'on élève les vers à soie (voyez SOIE).

MAGNÉSIE (*angl.* magnesia, *all.* talkerde, bittererde). La magnésie est une terre alcaline comme la chaux; c'est une poudre blanche extrêmement légère, douce au toucher, élastique et insipide; elle verdit le sirop de violette; elle est infusible et fixe, et irréductible par le charbon; elle est décomposée au rouge par le chlore gazeux; et elle est très peu soluble dans l'eau qui n'en dissout à froid que 1/6000, et six fois moins à 100°. Elle est composée de :

Magnésium	0,613	MgO.
Oxygène	0,387	

Elle se dissout facilement dans les acides. On l'obtient aisément à l'état d'hydrate en décomposant un sel magnésien soluble, le sulfate, par exemple, par un alcali caustique; l'hydrate renferme un équivalent d'eau, qu'il perd aisément au rouge.

La magnésie, surtout à l'état d'hydrate, est employée en médecine pour dissiper les aigreurs d'estomac, et dans les cas d'empoisonnement par les acides, comme agent de neutralisation.

MAGNÉTISME. Voyez AIMANT et BOUSSOLE.

MALACHITE. Cuivre carbonaté vert (voyez CUIVRE).

MALATES. Sels formés par l'acide malique. Ne sont d'aucun emploi dans les arts.

Acide MALIQUE (*angl.* malic acid, *all.* aepfelsaure). Cet acide se trouve en grande quantité dans les pommes, et surtout dans les fruits du sorbier des oiseaux. Pour l'obtenir, on prend ces fruits, on les écrase, on les épuise par l'eau, on fait fermenter le jus obtenu et on le fait bouillir longtemps; on le filtre, et on sature avec de la chaux; il se précipite du citrate de chaux, et il

reste dans la dissolution du bi-malate de chaux que l'on purifie par plusieurs cristallisations, puis on y ajoute de l'acétate de plomb qui donne un précipité de malate de plomb sous la forme pulvérulente, qui se transforme bientôt en paillettes cristallines très brillantes dont la composition est représentée par la formule $C^8 H^8 O^8 + 2 H^2 O$: c'est un acide bibasique. Par l'action de la chaleur, il donne deux acides pyrogénés, les acides maléique et para-maléique, isomères, mais ayant des propriétés différentes.

MALTHE. Voyez BITUME.

MALLÉABILITÉ (*angl.* malleabity, *all.* hammerbarkeit). La malléabilité est la propriété qu'ils ont de changer de forme et de s'étendre en feuilles sous le marteau ou par la pression du laminoir; le plus malléable des métaux est l'or, viennent ensuite l'argent, le platine, le fer, le cuivre, le zinc, l'étain et le plomb. Ainsi que la DUCTILITÉ, la malléabilité augmente considérablement par la chaleur, mais seulement jusqu'à un certain terme. Il y a des métaux qui ne sont malléables qu'entre deux degrés de température très rapprochés : tel est le zinc, par exemple.

MANGANÈSE (*angl.* manganese, *all.* mangan). Le manganèse n'a été obtenu pour la première fois à l'état métallique qu'en 1774, par Schèele et Gahn; mais on connaissait depuis longtemps un grand nombre de ses combinaisons. Le manganèse métallique ressemble à de la fonte blanche; il est cassant, à cassure cristalline fasciculée; sa densité est de 7,05 ; il n'a ni odeur ni saveur; il est un peu moins fusible que la fonte et fixe. Il forme six combinaisons définies avec l'oxygène. Au contact de l'air, il se ternit promptement et finit peu à peu par s'oxyder complétement. Il décompose lentement l'eau à la température ordinaire, et très rapidement au rouge. Tous les acides, même les plus faibles, attaquent le manganèse en déterminant la décomposition de l'eau ; lorsque l'acide est concentré et susceptible de céder de l'oxygène, il est décomposé lui-même et souvent simultanément avec l'eau. Il se combine directement avec le chlore, le soufre, le phosphore et l'arsenic. Il peut s'allier avec la plupart des autres métaux à l'aide de la chaleur. A l'état métallique, on a celui d'alliage; le manganèse n'a aucun emploi dans les arts.

Tous les oxydes de manganèse sont ramenés à l'état d'oxyde rouge par la chaleur blanche, et à l'état de protoxyde par l'hydrogène, le charbon et le soufre, à une température peu élevée. Ils sont complétement réduits par le charbon à la température des essais de fer, mais cette réduction n'a lieu que très lentement par cémentation. Au chalumeau, les oxydes de manganèse donnent avec le borax des verres très fusibles, incolores au feu de réduction et d'une couleur améthiste très belle au feu d'oxydation. Avec la soude, le platine, et en n'employant qu'une très petite quantité d'oxyde, on obtient une perle transparente d'un très beau vert, qui, humectée avec une goutte d'eau, donne une liqueur verte.

Les oxydes de manganèse sont au nombre de six, savoir :

1° *Protoxyde.* On obtient le protoxyde de manganèse en calcinant le carbonate en vase clos et en chauffant ce carbonate ou un oxyde quelconque, au rouge sombre dans un courant d'hydrogène, ou au blanc dans un creuset brasqué. Il est d'un vert plus ou moins beau, infusible. Il ne s'altère pas à l'air à la température ordinaire, mais lorsqu'on le chauffe il se suroxyde et noircit. C'est une base forte. Il se compose de :

$$\left.\begin{matrix}\text{Manganèse,} & 0,7806 \\ \text{Oxygène,} & 0,2194\end{matrix}\right\} Mn\,O.$$

Son hydrate est blanc, mais il brunit promptement au contact de l'air, et se change peu à peu en un mélange de carbonate de protoxyde et d'hydrate de peroxyde. A l'état naissant, il se dissout dans un grand excès d'ammoniaque, mais la dissolution exposée à l'air se trouble et laisse déposer tout le manganèse à l'état d'hydrate de deutoxyde.

2° *Deutoxyde.* Le deutoxyde de manganèse est noir. Il ne se suroxyde pas à l'air, même à l'aide de la chaleur. Au blanc, il perd de l'oxygène et se change en oxyde rouge. L'acide nitrique concentré et bouillant le change en protoxyde qui se dissout et en peroxyde insoluble. L'acide sulfurique concentré et chaud le dissout en le ramenant à l'état de protoxyde. L'acide sulfureux le change en un mélange de sulfate et d'hyposulfate de protoxyde. L'acide hydrochlorique le dissout à froid sans le décomposer ; mais pour peu que la liqueur soit concentrée ou que l'on chauffe, il se dégage du chlore; la dissolution, qui était brune, se décolore, et elle ne contient plus que du protochlorure. Il se compose de :

$$\left.\begin{matrix}\text{Manganèse,} & 0,7034 \\ \text{Oxygène,} & 0,2966\end{matrix}\right\} Mn^2\,O^3.$$

On l'obtient en calcinant au rouge naissant son hydrate ou le nitrate de protoxyde.

Son hydrate est brun ; on l'obtient en faisant passer un courant de chlore non en excès dans de l'eau tenant du carbonate en suspension, et faisant digérer le dépôt avec de l'acide nitrique faible pour dissoudre le carbonate non décomposé.

3° *Peroxyde.* Le peroxyde de manganèse est noir. Il commence déjà à perdre de l'oxygène au rouge sombre, et se change en oxyde rouge au blanc. L'acide nitrique l'attaque à peine. L'acide sulfurique l'attaque à l'état d'hydrate seulement et à froid en donnant une liqueur améthiste. L'acide sulfureux le dissout à froid, et il se forme du sulfate et beaucoup d'hyposulfate de manganèse. L'acide hydrochlorique le dissout avec grand dégagement de chlore. Il se compose de :

$$\left.\begin{matrix}\text{Manganèse,} & 0,6401 \\ \text{Oxygène,} & 0,3599\end{matrix}\right\} Mn\,O^2.$$

On l'obtient en traitant un oxyde quelconque de manganèse par l'acide nitrique concentré et bouillant.

L'hydrate de peroxyde de manganèse est d'un brun très foncé, peu stable, et s'obtient soit en traitant un sel de manganèse par un chlorite alcalin en excès, soit en saturant par un alcalis un manganate ou un hypermanganate.

4° *Oxyde rouge.* L'oxyde rouge provient de la calcination de l'un des deux précédents au blanc. Il est inaltérable à l'air. Il se compose de :

$$\left.\begin{matrix}\text{Manganèse,} & 0,7275 \\ \text{Oxygène,} & 0,2725\end{matrix}\right\} Mn^3\,O^4.$$

5° *Acide manganique.* Cet acide n'a pu jusqu'ici être isolé sans se décomposer en même temps. Les sels sont isomorphes avec les sulfates. Quand on chauffe un oxyde de manganèse avec de la potasse, il se forme du manganate de potasse. L'acide manganique est composé de :

$$\left.\begin{matrix}\text{Manganèse,} & 0,5426 \\ \text{Oxygène,} & 0,4574\end{matrix}\right\} Mn\,O^3.$$

6° *Acide hypermanganique.* Cet acide est un corps gazeux d'un très beau rouge qui se décompose spontanément en oxygène et en peroxyde de manganèse. Il est très soluble dans l'eau qu'il colore en rouge. Sa solution se décompose spontanément, avec lenteur à la température ordinaire, et rapidement à la chaleur de 30 à 40° ; il y a dégagement d'oxygène, et il se précipite de l'hydrate de peroxyde. Cet acide est un oxydant très énergique, et est isomorphe avec l'acide hyperchlorique. Il est composé de :

$$\left.\begin{matrix}\text{Manganèse,} & 0,5084 \\ \text{Oxygène,} & 0,4916\end{matrix}\right\} Mn^2\,O^7.$$

On l'obtient à l'état gazeux, en traitant le caméléon rouge par de l'acide sulfurique anhydre, et à l'état de solution aqueuse, en décomposant l'hypermanganate de baryte par de l'acide sulfurique sans excès.

Sels de protoxyde. Les sels de protoxyde de manganèse sont incolores ou légèrement rosés. Les alcalis fixes et les terres alcalines y forment un précipité d'hydrate blanc gélatineux insoluble dans un excès de réactif. Les carbonates alcalins en précipitent complétement le manganèse à l'état de carbonate grenu, blanc ou blond, insoluble dans un excès de réactif. L'ammoniaque et le carbonate y forment des précipités semblables, mais solubles dans un grand excès de réactif. L'hydrogène sulfuré ne les trouble pas. Les sulfures alcalins en précipitent tout le manganèse à l'état de sulfure hydraté blanc, tirant un peu sur le jaune isabelle, et noircissant promptement à l'air en s'oxydant.

Manganates et *hypermanganates* ou *caméléons*. Lorsqu'on chauffe au contact de l'air un oxyde de manganèse et un alcali fixe ou un carbonate, il se forme une combinaison qui, selon les circonstances, prend toutes les nuances du vert au rouge-pourpre : on l'a nommée *caméléon minéral*, à cause de la facilité avec laquelle elle change de couleur.

Lorsque l alcali est en excès, la dissolution du caméléon est verte ; quand, au contraire, l'alcali est saturé de manganèse, la dissolution est pourpre. Les dissolutions vertes passent au pourpre dans toutes les circonstances où l'action de l'alcali se trouve affaiblie ; par exemple, par l'addition d'un acide, ou même seulement, d'une grande quantité d'eau froide. Réciproquement, les dissolutions rouges repassent au vert, par l'action de bases fortes, telles que la potasse et la soude, surtout à l'aide de l'ébullition. Les dissolutions vertes constituent des manganates, et les dissolutions rouges des hypermanganates ; elles sont très oxydantes.

En chauffant au rouge un mélange à parties égales de potasse et de peroxyde de manganèse, et traitant par l'eau, on obtient une dissolution verte. En décantant et évaporant dans le vide, on obtient aisément des cristaux verts de manganate de potasse, que l'on peut dessécher en les plaçant sur une brique poreuse ou sur de la porcelaine dégourdie.

L'eau décompose ces cristaux, et l'on obtient une dissolution rouge d'hypermanganate de potasse qui, évaporée au bain-marie jusqu'à pellicule, dépose par le refroidissement des cristaux, d'un rouge très foncé, d'hypermanganate de potasse, solubles sans décomposition dans 15 à 16 p. 100 d'eau.

L'on obtient du manganate de baryte insoluble, en fondant du peroxyde de manganèse avec du nitrate de baryte desséché. Traité par l'eau il donne de l'hypermanganate soluble, qui sert à préparer l'acide hypermanganique.

Parmi les sels de manganèse, nous ne mentionnerons que le chlorure, qui se produit en grande quantité dans les fabriques de chlorures décolorants, et que M. Mallet a employé avec succès depuis plusieurs années à l'épuration du gaz d'éclairage.

MINERAIS. Les seuls minerais de manganèse proprement dits, sont des oxydes anhydres et hydratés. Nous allons les passer rapidement en revue.

Hausmanite. Oxyde rouge de manganèse anhydre natif. Cet oxyde est noir-brunâtre, opaque, d'un éclat métallique imparfait ; sa poussière est d'un rouge-brun ; sa cassure est inégale ; sa densité est de 4,722 ; il raie la chaux phosphatée et est rayé par le feldspath. Sa forme primitive est un prisme à base carrée ; mais il cristallise ordinairement en octaèdres aigus à base carrée. Il est très rare.

Braunite. Deutoxyde de manganèse anhydre natif. Cet oxyde est constamment cristallisé, d'un noir brunâtre foncé, ayant une poussière de la même teinte ; quoique fragile, il est plus dur que le feldspath ; sa densité varie de 4,75 à 4,82. Sa forme habituelle est un octaèdre à base carrée très rapproché de l'octaèdre régulier. Il ne donne que 3 p. 100 d'oxygène par la chaleur.

Pyrolusite. Peroxyde de manganèse anhydre. C'est le minerai de manganèse le plus abondant et en même temps le plus utile, puisqu'il est celui qui renferme le plus d'oxygène en excès. Il se trouve cristallisé, à l'état fibreux, et même en masses amorphes. Sa couleur est le gris-noirâtre ou le noir souvent bleuâtre. Sa poussière est de la même couleur. Sa dureté est à peu près égale à celle de la chaux sulfatée ; sa densité est de 4,83 à 4,94. La pyrolusite cristallise en prisme rhomboïdale droit, sous l'angle de 93°-40' ; le plus ordinairement elle se trouve en masses aciculaires souvent radiées.

Acerdèse. Deutoxyde de manganèse hydraté. Il ressemble beaucoup à la pyrolusite dont il se distingue en ce que sa dureté est égale à celle de la chaux carbonatée, sa densité de 4,28, et surtout en ce que sa poussière est brune, et à ce que, chauffé dans un tube fermé, il perd environ 10 p. 100 d'eau.

Peroxyde de manganèse hydraté. Cet oxyde ne se trouve qu'en masse amorphe terreuse, d'un brun foncé, très tendre ; il tache facilement les doigts ; sa poussière est d'un brun-chocolat ; par la calcination il éprouve une perte considérable en eau et en oxygène. Sa densité varie de 3,0 à 3,2 et il renferme de 12 à 15 p. 100 d'eau. Il est assez commun.

Peroxyde de manganèse hydraté aluminifère. Ressemble au précédent, mais contient de l'alumine en combinaison ; assez rare.

Psilomélane. Minerai complexe renfermant un mélange de deutoxyde et de peroxyde de manganèse, de l'eau, et une quantité variable et assez notable de baryte, quelquefois en partie remplacée par de la potasse. Ce minerai n'est point cristallisé ; il forme des rognons, des masses concrétionnées botrioïdes, et même des stalactites ; le plus souvent il est amorphe. La cassure, égale ou conchoïde, est toujours mate ; on n'y aperçoit ni la texture fibreuse, ni la texture testacée. Sa couleur est d'un noir bleuâtre prononcé. Son éclat est à la fois mat et métalloïde.

Usages. Le manganèse sert à l'état de peroxyde pour décolorer les verres (voyez VERRE), et pour la fabrication du CHLORE et des CHLORURES DÉCOLORANTS. Nous nous bornerons donc ici à indiquer le moyen d'essayer les divers manganèses du commerce sous le point de vue industriel et économique, c'est-à-dire sous celui de la proportion de chlore qu'ils peuvent produire.

Essai des manganèses du commerce. Nous nous bornerons au seul procédé suivant, les autres ne pouvant être exécutés que par des chimistes. On prend 3 grammes, 98 de minerai en poudre, qui, s'il était du peroxyde pur, donnerait 1 litre de chlore ; on l'introduit dans un matras de 6 à 7 centimètres de diamètre ; on verse dessus 25 à 30 grammes d'acide hydrochlorique pur ; on adapte immédiatement après au matras un tube en verre recourbé de 2 à 3 millimètres de diamètre et dont la longue branche doit avoir environ $0^{m},60$; on fait plonger cette branche dans une éprouvette de $0^{m},02$ de diamètre et de $0^{m},50$ de hauteur, contenant un peu moins de 1 litre de lait de chaux. On chauffe peu à peu le matras, et vers la fin on porte jusqu'à l'ébullition : tout le chlore qui se dégage est absorbé par le lait de chaux. On y ajoute assez d'eau pour que son volume soit de 1 litre, et l'on en fait l'essai au chloromètre (voyez CHLOROMÉTRIE).

Statistique. Les mines de manganèse de France, produisent par an environ 24,000$^{q.m.}$ de peroxyde de manganèse valant 240,000 fr. Actuellement, il y a une importation assez considérable de manganèse d'Allemagne.

P. DEBETTE.

MANÉGE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et MINES.

MANIOC. Voyez AMIDON.

MANIVELLE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

MANNE. Suc qui exsude spontanément ou par incision d'une espèce de frêne qui croît principalement en Sicile et dans la Calabre. Les premières mannes, dites *manne en larmes*, se présentent en longues et belles stalactites blanches et cristallines. A mesure que la saison avance, les larmes s'agglutissent au moyen d'un suc poisseux incristallisable, dont le mélange porte le nom de *manne en sorte*. Enfin, à la fin de la récolte, le suc devient très spiritueux et se rassemble dans de petites fosses creusées au pied de l'arbre : ce dernier produit, de qualité inférieure, est ce qu'on nomme *manne grasse*.

La manne renferme un principe sucré qui a reçu le nom de *mannite*, et une substance qui fermente facilement, ce qui permet d'isoler la mannite aisément, en délayant la manne dans l'eau, faisant fermenter, évaporant à siccité, et reprenant le résidu par de l'alcool bouillant qui dissout complétement la mannite et la laisse déposer par le refroidissement en longues aiguilles blanches.

La manne est employée en médecine comme purgatif.

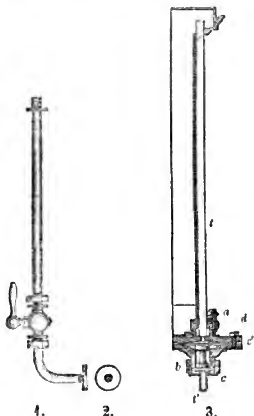
MANOMÈTRES. Nous avons vu, à l'article CHAUDIÈRES A VAPEUR, que les ordonnances des 22 et 23 mai 1843 et 17 janvier 1846, relatives aux appareils et bateaux à vapeur, veulent que chaque chaudière soit munie d'un manomètre destiné à faire connaître la tension de la vapeur. Pour toutes les *pressions effectives* qui ne dépassent pas quatre atmosphères, dans les chaudières établies à demeure, et deux atmosphères dans les chaudières de bateaux, lesdites ordonnances exigent que le manomètre soit à air libre. Mais pour les pressions plus élevées, ce manomètre eût été d'un usage peu commode, et souvent même impossible, en raison de la longueur qu'il aurait fallu donner au tube de l'instrument. C'est par ce motif que les ordonnances précitées ont permis d'employer dans ce cas le manomètre à air comprimé, et la même faculté a été laissée, quelle que soit la pression, pour les chaudières des machines locomobiles et pour les locomotives.

Le manomètre à air libre a toutefois, à côté des avantages qu'il présente, certains inconvénients inhérents à sa nature même : il est embarrassant ; son tube se salit fréquemment, de manière qu'il devient difficile d'y apercevoir le niveau du mercure. Afin de remédier à ces inconvénients, diverses espèces d'appareils manométriques ont été proposées, et deux de ces manomètres, que nous décrirons plus loin, ont été l'objet de rapports favorables de la part de la commission centrale des machines à vapeur.

Subséquemment et sur l'avis de cette commission, par une circulaire en date du 17 décembre 1849, M. le ministre des travaux publics a pris une décision d'une grande importance pour les propriétaires d'appareils à vapeur, en déclarant qu'il y avait désormais lieu d'autoriser sur *toutes les chaudières* toute espèce de manomètres, bien fabriqués et bien gradués, à la condition que, lorsqu'il s'agira d'un manomètre autre que celui à air libre, décrit dans l'instruction du 23 juillet 1843 (voir CHAUDIÈRE A VAPEUR), la chaudière sera pourvue d'un ajustage qui permette au fonctionnaire chargé de la surveillance des appareils à vapeur de vérifier lors de ses visites, à l'aide d'un manomètre étalon portatif, l'exactitude de l'instrument employé. Pour que ce contrôle puisse être exercé facilement, il est nécessaire qu'un mode uniforme d'ajustage soit partout adopté. L'administration s'est arrêtée au mode suivant qui a paru le plus simple.

Il consiste, comme le font voir les fig. 1 et 2, à adapter sur la chaudière un tube de 1 centimètre de diamètre, muni d'un robinet; une des extrémités *t*, doit être fixée directement sur la chaudière, ou sur le tuyau de vapeur du manomètre fixe, ou enfin sur le tube supérieur du niveau d'eau; l'autre extrémité doit être terminée par une bride verticale annulaire de cinq millimètres d'épaisseur et dont la largeur est de un centimètre et demi, ce qui lui donne un diamètre total de quatre centimètres.

On peut fixer les manomètres que nous allons décrire sur un ajustage semblable au moyen de vis de pression et en formant un joint avec une rondelle annulaire de caoutchouc. C'est, du reste, le mode suivi pour la pose des manomètres vérificateurs.



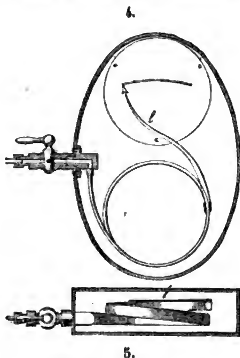
Manomètre Journeux. Le premier manomètre dont nous parlerons est celui de M. Galy-Cazalat exploité par M. Journeux. Pour obtenir un manomètre à air libre commode, et réduire la longueur de l'échelle, M. Galy-Cazalat a eu l'idée de faire presser la vapeur et le mercure qui lui fait équilibre sur des surfaces d'une étendue différente. L'instrument (figure 3) se compose d'une cuvette formée de deux pièces. La partie supérieure *a* est en fonte : elle est destinée à recevoir le mercure; l'autre partie *b* est en bronze; elles sont séparées par un diaphragme en caoutchouc vulcanisé, dont le pourtour est serré entre les bords des deux pièces par les écrous *d*, de manière à former entre elles un joint imperméable. Au-dessous de la rondelle de caoutchouc se trouve un disque de bronze *c'*, de 0m,0608 de diamètre, relié par une petite tige *r* à un autre disque de même métal *c*, de 0m,0185 de diamètre, qui joue dans un tube alésé et repose sur une seconde rondelle en caoutchouc vulcanisé, fixée de la même manière que celle qui supporte le poids du mercure. La partie inférieure de la cuvette communique par un petit orifice *o*, avec l'air extérieur, de sorte que la pression de l'atmosphère agit également au-dessus et au-dessous du grand diaphragme en caoutchouc qui la divise en deux parties. La vapeur est amenée de la chaudière par un tuyau *t'*, fixé à l'aide de l'écrou *e*, de manière à exercer la pression sous le petit diaphragme inférieur. Après avoir placé le tube manométrique *t*, serré dans le stuffing-box *s*, on verse le mercure par un orifice *u*, fermant à vis, ménagé sur le côté du couvercle *a*; on agite un peu pour faciliter

le dégagement de l'air, et on remplit complétement le réservoir de manière à ce que le mercure s'élève dans le tube à une hauteur de un à deux centimètres. On a ainsi le premier degré de l'échelle, celui qui correspond à une atmosphère; on obtient ensuite les autres en refoulant de l'eau sous le diaphragme inférieur, au moyen d'une pompe foulante, à diverses pressions déterminées par un manomètre à air libre. D'après le rapport que nous avons indiqué ci-dessus pour le diamètre des pistons *c* et *c'* une hauteur de 7 centimètres de mercure correspond à la pression d'une atmosphère. Pour les manomètres destinés aux chaudières locomotives, le rapport des diamètres de *c* et *c'* adopté par M. Journeux est de 0m,013 à 0m,056, ce qui réduit à quatre centimètres la hauteur correspondant à une atmosphère de pression. Les deux diaphragmes en caoutchouc sont fixés par leurs bords; néanmoins, en raison de leur grande élasticité, ils transmettent facilement les pressions qu'ils reçoivent aux disques avec lesquels ils sont en contact; les diamètres du tube manométrique *t* et du grand disque en caoutchouc étant entre eux comme 0m,004 est à 0m0608, le calcul montre qu'il suffit d'un déplacement de 0m,0003 du grand disque pour fournir au tube la quantité de mercure qui correspond à la charge d'une atmosphère.

Manomètre Bourdon. Le manomètre dit *métallique* de M. Bourdon est un manomètre dans lequel il n'entre pas de mercure et qui repose sur un principe aussi simple qu'ingénieux.

Ce manomètre (figures 4 et 5) consiste en un tube

4.



5.

mince, ordinairement en laiton, à section elliptique au méplate *r*, *l* roulé en hélice en spirale. L'une des extrémités de ce tube est ouverte, elle peut être mise à volonté en communication avec la vapeur dont on veut mesurer la tension, et est fixée par des vis à la boîte M du manomètre, laquelle est ordinairement en fonte. L'autre extrémité du tube est fermée et est libre de se mouvoir; dans son mouvement elle entraîne une aiguille courbe *l* qui y est attachée et qui marche sur un cadran convenablement gradué. La surface externe de la spirale étant plus grande que celle intérieure, le tube de laiton tend à se redresser lorsqu'il se trouve rempli de vapeur ou d'eau à une pression supérieure à celle de l'atmosphère, et *vice versâ*; l'une des extrémités du tube étant fixée à la boîte M, l'autre extrémité peut seule se mouvoir, et ce mouvement se trouve considérablement amplifié par la disposition tangentielle donnée à l'aiguille *l* et rendu aussi sensible qu'il est nécessaire. On gradue ce manomètre en y refoulant de l'eau au moyen d'une presse hydraulique, et marquant les points où l'aiguille s'arrête de degrés correspondants à ceux donnés par un manomètre à air libre bien construit.

Le tube *c* a 0m,70 de longueur totale et forme une spire et demie; son épaisseur n'est que de un tiers de millimètre et sa section est elliptique et de 0m,004 sur 0m, 011.

Ce nouveau manomètre est d'un usage commode; il n'est pas fragile; les indications qu'il donne sont beaucoup plus distinctes que celles qu'il faut prendre sur le niveau d'un liquide, dans un tube souvent sali à l'intérieur. On peut craindre, il est vrai, qu'avec le temps l'élasticité du métal ne s'altère, que la forme donnée primitivement au tube ne se modifie sous l'action prolongée d'une forte pression intérieure, et que, par suite, les indications de l'instrument ne deviennent inexactes. Toutefois, nous devons reconnaître que nous n'avons jusqu'à ce jour entendu porter aucune plainte contre les manomètres métalliques sortis des ateliers de M. Bourdon, et que leur emploi se répand de jour en jour.

M. Bourdon a construit des manomètres métalliques basés sur le même principe pour mesurer les degrés de vide produits soit par des jets de vapeur, soit par des machines pneumatiques, soit de toute autre manière, dans les sucreries, les chemins de fer atmosphériques, etc. Il est évident que dans ces appareils, dont la disposition est en général un peu différente de celui précédemment décrit, l'effet produit est inverse, c'est-à-dire que la torsion du tube manométrique augmente avec la raréfaction du milieu avec lequel la communication se trouve établie.

Emploi du manomètre Bourdon pour l'épreuve des chaudières. M. Bougarel, garde-mines, attaché au service des machines à vapeur du département de la Seine, a proposé d'employer le manomètre Bourdon pour effectuer les épreuves de réception des chaudières, qui se faisaient jusque-là en chargeant de poids les soupapes de sûreté. Celles-ci, souvent mal rodées ou ébranlées par les secousses, laissent échapper fréquemment l'eau refoulée par une pompe foulante dans l'intérieur de la chaudière, avant que la pression voulue soit atteinte. Pour employer le manomètre Bourdon, il fallait pouvoir construire des manomètres vérificateurs pouvant indiquer 18 atmosphères (pression d'épreuve correspondant au timbre de 7 athm. qui est assez rarement employé). Ce problème a été parfaitement résolu par M. Bourdon, et les instruments de ce constructeur sont aujourd'hui entre les mains de tous les ingénieurs des mines et autres ingénieurs qui ont à vérifier la résistance de chaudières à vapeur.

Voici comment M. Bougarel résume les avantages qui résultent de l'emploi de ce système :

1° Ce mode d'épreuve remédie d'abord à l'incertitude qui résulte de l'inexactitude habituelle des soupapes;

2° Si l'appareil soumis à l'épreuve ou quelqu'une de ses parties vient à rompre avant que la pression d'épreuve soit arrivée à la limite voulue, on sait à quelle pression la rupture a eu lieu, ce qui ne se peut pas avec la soupape dont la fonction n'est que d'indiquer la pression correspondante à sa charge. Le manomètre indique tous les degrés de la pression croissante et décroissante;

3° On évite le choc qui se produit au moment où la soupape, soulevée par la pression, retombe sur l'eau qui remplit l'appareil soumis à l'épreuve, et qui doit causer un certain ébranlement des molécules du métal;

4° Dans aucun cas la pression d'épreuve ne peut être poussée, sans qu'on s'en aperçoive, à des limites

supérieures à la pression légale, et dangereuses pour l'appareil soumis à l'épreuve, ce qui peut arriver et est arrivé plusieurs fois avec l'ancien mode d'épreuve, parce que les soupapes peuvent gripper et adhérer à leur siége;

5° Toute chance de fraude est évitée;

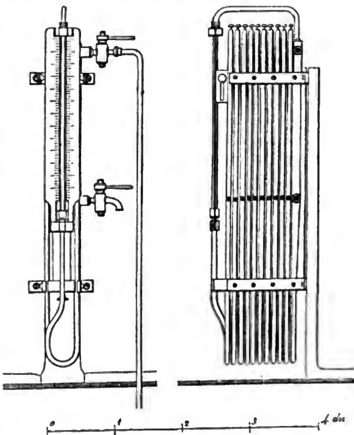
6° Enfin, au point de vue de la tolérance, si, lorsqu'un appareil est essayé au manomètre, un joint de fermeture de l'appareil, ou un joint des tuyaux de la pompe, ou bien cette pompe elle-même, vient à manquer avant que la pression légale soit atteinte, et si le manomètre indique cette pression légale, moins 1/2 ou une atmosphère, on peut, sans scrupule, regarder l'épreuve comme convenable, si d'ailleurs aucune fuite grave ou déformation de l'appareil n'a été signalée. Avec la soupape d'épreuve, lorsque le même accident arrive, comme on ne sait pas au juste le degré de la pression tant que la limite voulue n'est pas atteinte, c'est une épreuve à recommencer.

Ce système se propage chaque jour à l'étranger. M. le ministre des travaux publics de Belgique a commandé à M. Bourdon un certain nombre de manomètres semblables à ceux mis entre les mains de nos ingénieurs des mines.

L'administration russe était à la fin d'août dernier en correspondance avec M. Bourdon pour une commande de manomètres gradués à 18 atmosphères.

Manomètre Richard. Nous donnerons encore un manomètre fort ingénieux, remplacé aujourd'hui par le précédent qui est plus simple, mais dont la construction offre beaucoup d'intérêt. Nous voulons parler de celui que M. Richard, fabricant d instruments de physique à Lyon, a construit un manomètre à air libre d'un nouveau système, qui peut aisément s'adapter aux chaudières des machines locomotives et des bateaux, quelque élevée que soit la pression effective de la vapeur dans leur intérieur. Ce manomètre a reçu l'approbation de la commission centrale des machines à vapeur et est employé déjà avec succès sur nombre de locomotives et de bateaux à vapeur, ce qui nous engage à en donner ici une description succincte.

Il s'agissait de construire un manomètre à air libre, qui pût s'adapter aux chaudières des machines locomotives et des bateaux, quelque élevée que fût la pression effective de la vapeur dans leur intérieur. Il fallait, pour cela, réduire de beaucoup la hauteur de l'instrument. M. Richard a donc construit, sur un principe bien connu des physiciens, et que plusieurs personnes avaient déjà essayé d'appliquer aux manomètres de chaudières à vapeur, un manomètre raccourci (fig. 1498 et 1499), composé d'un tube replié plusieurs fois sur lui-même, de manière à présenter une série de branches verticales, reliées l'une à l'autre par des coudes arrondis; l'instrument développé dans un même plan vertical présente une suite continue de syphons alternativement droits et renversés, à branches verticales. Du mercure remplit tous les coudes inférieurs et s'élève jusqu'au milieu de la hauteur des branches verticales. Les colonnes de mercure sont séparées par des colonnes d'eau qui occupent les coudes supérieurs, et l'autre moitié de la hauteur des branches verticales. L'appareil étant ainsi complétement rempli de colonnes alternantes de mercure et d'eau, si l'on met l'une des extrémités du tube en communication avec une chaudière à vapeur, l'autre extrémité demeurant ouverte à l'air libre, l'excès de la pression dans la chaudière sur celle de l'atmosphère déterminera la dénivellation simultanée du mercure dans toutes les branches; ces dénivellations seront d'égale hauteur, si le tube est exactement calibré dans toute sa longueur, et, dans ce cas, la pression effective de la vapeur dans la chaudière sera donnée par la hauteur à laquelle le mercure se sera élevé au-dessus du point de départ dans la branche ouverte du tube, multipliée par le nombre des branches verticales, sauf la correction due à l'influence du poids de l'eau intermédiaire entre les colonnes de mercure. Cette correction se fera en multipliant le produit précédent par la fraction 63/68, qui exprime le rapport de l'excès de la densité du mercure sur celle de l'eau, à la densité du mercure. S'il y a, par exemple, 22 branches verticales, h désignant l'élévation du mercure en millimètres, dans la branche ouverte à l'air libre, la pression effective de la vapeur sera mesurée par une colonne de mercure égale à $22\,h \times \frac{63}{68}$; $\frac{22\,h \times \frac{63}{68}}{760}$, sera la pression effective en atmosphères; et chaque atmosphère



1498. 1499.

de pression sera mesurée par $\frac{760 \times 68}{63 \times 22} = 37^{mm},3$ de mercure. Ainsi une pression totale de sept, ou une pression effective de six atmosphères, la plus forte qui soit usitée dans l'industrie, sera accusée par une dénivellation du mercure de $223^{mm},8$, dans la branche ouverte, égale à celle qui aura lieu dans les autres branches. Il n'y a, dans tout ce qui précède, rien qui ne soit déjà connu depuis longtemps, et qui n'ait été appliqué. Nous rappellerons, notamment, l'essai fait par la commission des machines à vapeur d'un semblable manomètre à tubes de verre construit par M. Collardean, et qui fut appliqué sur une machine locomotive du chemin de Paris à Corbeil, en même temps qu'un manomètre à air comprimé et un thermomanomètre.

Le tube replié est en fer. Les branches verticales, au nombre de 22, ont une hauteur totale de $0^{m},50$. Elles sont groupées de manière à ce que leur ensemble forme

un parallélipipède rectangle dont la base a 0m,14 sur 0m,062. La dernière branche verticale ouverte à l'air libre est ramenée vers le milieu de la face antérieure du parallélipipède et porte un tube en verre de 0m,245 de hauteur, qui laisse apercevoir l'extrémité de la colonne de mercure. Ce tube en verre est maintenu entre l'extrémité du tube replié et un autre bout de tube qui se recourbe et communique avec un tube en fer cylindrique plus large, placé derrière le parallélipipède, et qui constitue un réservoir destiné à recevoir le mercure, dans le cas où par suite d'une pression trop élevée dans la chaudière, ou d'une oscillation qui aurait lieu au moment de l'ouverture du robinet, la colonne mercurielle viendrait à dépasser l'extrémité supérieure du tube en verre. Le mercure peut être retiré de ce réservoir, en ôtant une vis en fer qui ferme un orifice ménagé à sa partie inférieure.

La premiere branche du manomètre, celle qui est mise en communication directe avec la chaudière, se prolonge jusqu'à la face supérieure du parallélipipède circonscrit à l'ensemble des plis du tube. Elle porte deux robinets placés l'un à son extrémité supérieure, à l'arrivée du tube venant de la chaudière, l'autre au niveau ou un peu au-dessus du niveau que doit atteindre le mercure, lorsque le manomètre n'est point en pression. Nous dirons tout à l'heure l'usage de ces robinets.

Pour remplir l'instrument de mercure et d'eau, des ouvertures fermées par des vis en fer sont ménagées, les unes aux sommets des coudes supérieurs de tous les syphons renversés, les autres sur une même ligne horizontale au milieu de la hauteur des branches verticales situées d'un même côté. On remplit d'abord, par ces dernieres ouvertures, les parties inférieures de tous les tubes, de mercure que l'on introduit au moyen d'un petit entonnoir à tige recourbée. L'on verse du mercure dans chaque tube, jusqu'à ce qu'il vienne affleurer les ouvertures. On ferme celles-ci par les vis en fer. On ouvre ensuite les ouvertures ménagées aux sommets des coudes supérieurs, et on y verse, à l'aide d'un entonnoir élevé à tige effilée, de l'eau, de manière à remplir complétement les parties supérieures des branches verticales. La partie supérieure de la première branche verticale étant également remplie d'eau, jusqu'au niveau où elle se maintiendra remplie par l'eau provenant de la vapeur condensée, quand elle sera mise en communication avec la chaudière, on ferme tous les orifices. Le n° 1 de l'échelle divisée en atmosphères doit correspondre à la position qu'occupe alors le niveau du mercure dans le tube en verre. L'échelle du manomètre est tracée sur une lame de cuivre. Elle est divisée, d'après le nombre de branches de l'instrument supposé bien calibré ; elle est mobile le long du tube en verre, et peut être fixée par deux vis de pression, de manière à ce que le chiffre 1 corresponde au niveau du mercure, lorsque le manomètre communique par l'une et l'autre de ses extrémités avec l'atmosphère. L'échelle du manomètre essayé par la commission des machines à vapeur marque jusqu'à sept atmosphères. L'intervalle d'une atmosphère est de 37 millim.

Les replis du tube en fer sont maintenus par des entre-toises. Tout l'instrument groupé d'une manière assez élégante en un parallélipipède de 0m,50 de hauteur, et dont la base a 0m,14 sur 0m,06, est ajusté sur une plaque en fer avec des montants en équerre à la partie postérieure, de sorte qu'il peut être adapté facilement et simplement à l'avant d'une chaudière de machine locomotive, sur une chaudière de bateau, ou devant le foyer d'une chaudière, de manière à ce que l'échelle soit dans tous les cas bien en vue du chauffeur.

On peut vérifier, à un instant quelconque, quand le manomètre est en place, s'il marque une atmosphère lorsque la pression est supprimée. A cet effet, après avoir fermé le robinet supérieur de la première branche qui intercepte la communication avec la chaudière, on ouvre le second robinet placé au-dessous sur la même branche. Le tube replié étant ainsi mis en communication par les deux bouts avec l'atmosphère, le mercure doit retomber dans le tube en verre, au n° 1 de l'échelle.

Si le tube qui met le manomètre en communication avec la chaudière vient à s'engorger, il suffit, pour le purger, d'ouvrir le robinet inférieur; l'eau contenue dans le tube de communication est chassée par la pression de la vapeur, et emporte, en s'écoulant par le robinet, les matières qui avaient occasionné l'obstruction.

La correspondance du niveau du mercure dans le tube en verre, avec les divisions de l'échelle, s'aperçoit avec facilité, même pendant la marche des machines locomotives.

Il résulte des essais auxquels la commission centrale des machines à vapeur a soumis le manomètre à air libre, de M. Richard :

1° Que le manomètre peut être facilement adopté aux chaudières de machines locomotives comme aux chaudières de bateaux à haute pression ;

2° Que les indications de ce manomètre, sans comporter le même degré d'exactitude que celles du manomètre à air libre ordinaire, sont cependant susceptibles d'une précision suffisante pour les besoins de la pratique, pourvu que les tubes en fer et en verre soient calibrés aussi exactement que possible, que les deux points extrêmes de l'échelle aient été déterminés par comparaison directe avec un manomètre à air libre ordinaire, et que l'on ait soin de vérifier fréquemment et de rectifier au besoin la position du point de départ de l'échelle ;

3° Que la division de l'échelle par un calcul qui suppose l'égalité du calibre intérieur des tubes en fer et en verre, sera presque toujours fort inexacte et doit être rejetée; qu'en conséquence il sera indispensable, quand on remplacera le tube en verre d'un manomètre de M. Richard, de remplacer aussi l'échelle, ou du moins de la vérifier de nouveau. P. DEBETTE.

MARAIS SALANTS. Les applications du sel sont aussi variées qu'importantes; employé dans l'économie domestique, pour la conservation et l'assaisonnement des aliments, il est devenu tout à fait indispensable à la satisfaction de nos besoins les plus ordinaires. Dans l'industrie, le sel marin n'est pas d'une moins grande utilité; il sert à préparer l'acide hydrochlorique, le chlore, le sel ammoniac et tous les produits du sodium, le carbonate de soude, les savons, le sulfate de soude, etc. L'agriculture, enfin, est appelée à retirer les plus grands avantages de l'emploi de ce corps, pour l'amendement des terres et l'engraissement des animaux, quand les dispositions fiscales devenues moins sévères permettront au commerce de l'obtenir au prix de fabrication. On comprend d'après cela l'importance de la production de ce corps et l'intérêt que doivent présenter les détails de sa fabrication.

L'usage du sel remonte à la plus haute antiquité. L'histoire a seulement conservé le nom de Phidippas qui employa le premier, dans la Grèce, le sel pour la conservation des aliments. Tous les peuples de l'antiquité se sont formés sur le sel les idées les plus superstitieuses. Ces croyances transmises de génération en génération se retrouvent encore chez nous jusqu'à un certain point. Consacré aux dieux chez les païens, le sel entre encore comme symbole dans l'administration du premier sacrement de l'Église. La propriété conservatrice dont il jouit rappelle des idées de force et de durée dont les hommes ont toujours avidement recherché les manifestations.

Les anciens retiraient le sel, comme nous le faisons

encore aujourd'hui, des mines de sel gemme, des sources salées (voyez SEL GEMME) et de l'eau de la mer. Nous décrirons ici les différents moyens employés dans ce dernier genre de fabrication.

L'extraction du sel de l'eau de mer par l'évaporation spontanée de ce liquide dans les marais salants est sans contredit la méthode la plus généralement et la plus fructueusement employée. Nous la décrirons donc la première, et nous parlerons ensuite de quelques autres procédés beaucoup moins importants.

Rappelons d'abord, en quelques mots, les propriétés chimiques du sel marin dont la connaissance nous sera nécessaire dans cet article.

Le sel marin, connu aussi sous les noms de sel de cuisine, sel commun, muriate de soude, n'est autre chose que du chlorure de sodium. A l'état de pureté, il est représenté par la formule $Na\ Cl^2$, et renferme par conséquent :

Sodium. .	290,897	ou bien	39,65
Chlore.. .	442,650		60,35
	733,547		100,00

Le sel marin est blanc; il cristallise en cubes. Sa pesanteur spécifique est 2,125. Il est soluble dans l'eau, mais sa solubilité n'augmente presque pas avec la température : ainsi 100 parties d'eau à 13°,89 dissolvent 35,81 parties de sel, et seulement 40,38 parties à 109°,38, température d'ébullition de l'eau saturée de sel.

Le sel marin ne s'altère pas à l'air lorsqu'il est pur. Celui du commerce paraît déliquescent, parce qu'il renferme quelques sels étrangers très avides d'humidité.

La salure des différentes mers n'est pas absolument la même. Elle semble, en général, augmenter dans les points les plus profonds et les plus éloignés des continents, et diminuer dans le voisinage des grandes masses de glace. Les petites mers sont moins salées que les grandes, excepté la Méditerranée qui paraît être plus salée que les autres; ce que l'on doit attribuer à la forte évaporation qui a lieu à la surface, relativement à la faible masse d'eau qu'elle renferme.

Suivant Murray, l'eau de mer recueillie dans le golfe de Forth (Écosse) contient :

Sel marin.	2,2001
Sulfate de soude. . .	0,3316
Chlorure de calcium. .	0,0784
Chlorure de magnésium.	0,4208
Eau.	96,9691
	100,0000

D'après le docteur Marcet, l'eau prise au milieu de l'Atlantique du nord renferme :

Chlorure de sodium. .	2,660
Sulfate de soude. . .	0,466
Chlorure de calcium. .	0,199
Chlorure de magnésium.	0,991
Eau.	95,684
	100,000

L'eau des côtes de France contient en moyenne, sur cent parties :

Sel marin.	2,50
Chlorure de magnésium.	0,35
Sulfate de magnésie.	0,58
Carbonates de chaux et de magnésie.	0,02
Sulfate de chaux.	0,01
Eau.	96,54
	100,00

On sait d'ailleurs que l'eau de mer renferme des traces d'iodures et de bromures.

La quantité d'eau à évaporer est donc toujours très considérable ; mais dans les marais salants bien placés, l'évaporation est assez rapide pour qu'il soit facile de s'en débarrasser.

Nous avons en France des marais salants sur les côtes de Bretagne et sur les bords de la Méditerranée. Le travail des marais, dans des climats aussi différents, présente des différences essentielles que l'on n'a pas assez fait connaître jusqu'à présent. Un long séjour dans ces deux contrées nous a permis de les apprécier, et nous croyons devoir étudier séparément l'industrie des marais salants dans l'ouest et dans le midi de la France. Nous décrirons en même temps deux autres industries qui se rattachent à la première : le raffinage du sel en Bretagne, le traitement des eaux-mères des salines dans le Languedoc et la Provence.

1° *Marais salants de l'Ouest*. La fig. 1500 peut donner une idée de leur disposition générale. L'eau est introduite pendant la haute mer au moyen d'une vanne en bois A, dans un premier réservoir B, nommé *jas* (1), dont la profondeur varie de 0m,60 à 2m. L'eau laisse déposer les matières étrangères qu'elle tenait en suspension et commence à s'échauffer dans ce premier bassin. Du jas, l'eau est conduite par un canal souterrain C, nommé *gourmas*, que l'on peut ouvrir et fermer à volonté au moyen d'une petite vanne, dans les *couches c, c*, suite de bassins de 0m,25 à 0m,45 de profondeur, qu'elle doit parcourir successivement. Au moyen d'un autre conduit D, appelé *faux gourmas*, l'eau, déjà concentrée par son passage dans les couches, arrive dans une rigole fort longue E, nommée *mort*, qui fait ordinairement le tour du marais, et se trouve conduite dans les *tables t, t*, autre série de bassins analogues aux couches. L'eau, en sortant des tables, arrive dans le *muant*, dernière série de bassins *m, m*, qui la distribue au moyen de petites rigoles ouvertes dans le sol avec un pieu pointu dans les aires ou *œillets a, a*, où le sel se dépose.

Quand la saison est favorable, l'eau arrive très concentrée dans les aires et commence à *saliner* presque immédiatement. Il se forme à la surface des croûtes de sel que l'on recueille de suite, ou bien que l'on casse et que l'on reprend au fond de l'œillet quand elles y sont réunies. On recueille le sel deux ou trois fois par semaine, et même tous les jours, quand il fait chaud et sec. Les eaux-mères sont rejetées quand elles atteignent un certain degré de concentration.

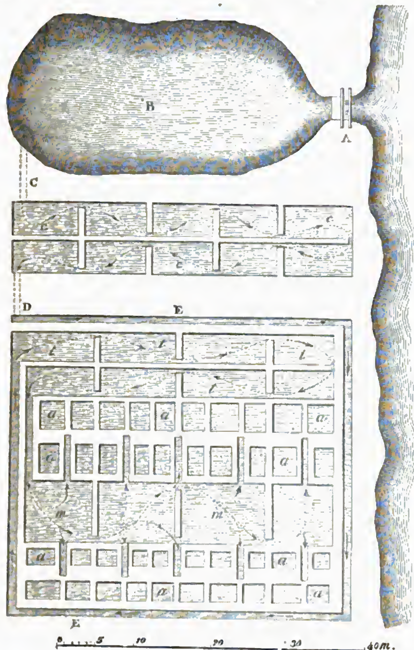
Le sel est d'abord recueilli en petits tas sur le bord même des œillets. On transporte ensuite ces petits tas dans l'espace compris entre les couches et les tables pour former des monceaux plus considérables. Le sel, ainsi abandonné à lui-même pendant quelque temps, s'égoutte et se purifie en partie des sels déliquescents qu'il renferme. On réunit enfin tous les tas dont nous venons de parler en grandes masses, appelées *mulots*, qui ont ordinairement la forme d'un tronc de cône surmonté d'une calotte sphérique. On recouvre le sel, ainsi réuni, d'une couche de terre glaise soigneusement damée, et on le conserve par ce moyen jusqu'au moment de sa vente.

Le sel en mulot continue à se purifier d'une manière remarquable; la terre glaise dont il est enveloppé le met à l'abri de l'eau et l'entretient cependant dans un état constant d'humidité, qui permet aux sels déliquescents de se liquéfier et de s'écouler par de petits canaux ménagés à la base des mulots. C'est une opération analogue à celle du terrage du sucre dans les raffineries.

L'emplacement choisi pour l'établissement d'un marais salant doit réunir plusieurs conditions. Il doit être uni et présenter une pente pour ainsi dire nulle, car la

(1) Les noms que nous employons dans cette description sont ceux que l'on trouve dans tous les auteurs ; nous devons faire remarquer qu'ils varient d'une localité à l'autre, et qu'il ne faudrait pas, par conséquent, leur attribuer une signification absolue.

différence de niveau entre le premier et le dernier bassin n'est que de quelques millimètres. Sa surface doit être un peu moins élevée que le niveau des hautes mers, mais des digues parfaitement entretenues doivent le mettre à l'abri des inondations. L'exposition d'un marais est aussi d'une immense importance, puisque l'évaporation et par conséquent le produit dépendent en grande partie de cette circonstance. On doit enfin apporter une grande attention à la nature du sol, et chercher à établir les marais dans un terroir glaiseux, afin de trouver dans les fouilles mêmes la terre qui doit servir à recouvrir le fond, les parois, et à faire les différentes petites digues qui séparent les bassins. On construit et on entretient la surface des marais avec des pelles en bois planes et fixées à des manches inclinés. Le fond des œillets surtout doit être parfaitement uni pour faciliter la récolte du sel, et empêcher, autant que possible, son mélange avec la terre sur laquelle il repose.



1500.

Le sel obtenu comme nous venons de l'indiquer est en petits cristaux toujours souillés de terre, qui leur donne un aspect grisâtre. On peut en avoir de très blanc en le recueillant à la surface, quand le vent est un peu fort et le marais encore peu échauffé ; mais cette fabrication est sans importance.

Les sels gris des côtes de Bretagne ne sont pas très purs, ils renferment :

Chlorure de sodium.	87,97
Chlorure de magnésium.	1,58
Sulfate de magnésie.	0,50
Sulfate de chaux.	1,65
Matière insoluble.	0,80
Eau.	7,50
Total. . .	100,00

Raffinage du sel. Une partie du sel obtenu dans les marais n'est livrée à la consommation qu'après avoir subi dans les raffineries soit un simple lavage, soit une épuration complète.

Le lavage consiste seulement à agiter le sel dans de l'eau déjà saturée du même corps, on entraîne ainsi une partie des sels magnésiens et des matières insolubles qui restent en suspension dans l'eau de lavage qui peut servir un grand nombre de fois. On égoutte le sel, puis on le chauffe très fortement dans des étuves en maçonnerie. On lui fait perdre par ce moyen environ 7 p. 100 d'eau, qu'il retrouve plus tard chez les débitants, et on économise ainsi plus de 2 fr. par 100 kilogr. de sel sur les frais de douanes, qui se payent en sortant de l'atelier.

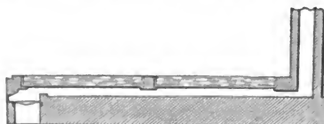
Le raffinage proprement dit consiste à précipiter la magnésie, en ajoutant un lait de chaux à la dissolution de sel marin dans l'eau ordinaire. On fait ensuite passer la liqueur, pour la filtrer, à travers des vases dont les fonds percés de trous sont recouverts avec des nattes dans lesquelles on apporte le sucre des colonies ; il ne reste plus qu'à l'évaporer. Cette dernière opération s'exécute au moyen de deux énormes chaudières (figure 1501), à fond plat, de 10m,20 de longueur sur 4m,30 de largeur, et de 0m,60 de profondeur. La première de ces chaudières est exposée à l'action directe du feu ; l'évaporation est très rapide, et on obtient du sel très blanc en cristaux indiscernables, pour l'usage de la table. La seconde chaudière n'est échauffée que par le passage des produits de la combustion. Sa température ne dépasse pas 50 à 60°. Le sel s'y dépose lentement en cristaux cubiques disposés en trémies assez volumineuses très recherchées pour les salaisons de morues.

Pour faciliter la montée des écumes on ajoute à la liqueur un peu d'alun en poudre au moment où elle commence à bouillir.

Chaque cuite consomme 19 hectolitres de houille anglaise de bonne qualité, et fournit 4,000 à 4,500 kilogrammes de sel. On voit que la consommation de combustible est assez faible. La forme des fourneaux est cependant très simple : la houille est placée sur une grille à l'une des extrémités de la chaudière, et la flamme se répand librement sous toute la chaudière,

où il n'existe aucun carneau, pour aller gagner la cheminée à l'extrémité opposée.

On retire quelquefois, pendant l'hiver, du sulfate de soude des eaux-mères de raffinerie. Jusqu'à présent cette industrie ne présente rien de régulier. Il serait très facile d'utiliser, sous ce rapport, les eaux-mères



1501.

rejetées par les paludiers bretons. Le résidu de l'évaporation de ces liqueurs contient en effet :

Chlorure de sodium.	0,11170
Chlorure de magnésium.	0,13134
Sulfate de magnésie.	0,10650

Par un refroidissement convenable elles laisseraient déposer, par une action de double décomposition, du sulfate de soude, et resteraient chargées de chlorure de magnésium. Cette idée est déjà réalisée par M. Balard, comme nous le verrons bientôt.

2° *Salines du Midi*. On rencontre souvent sur les bords de la Méditerranée de vastes plages très unies et situées au niveau de la mer, et même quelquefois un peu au-dessous; placées sous un climat très chaud elles se prêtent parfaitement à l'industrie qui nous occupe.

La disposition générale du plan d'un marais salant du midi de la France diffère peu de celle des marais de l'Ouest. Dans les deux cas, l'eau amenée dans un premier bassin s'y éclaircit par le repos, et s'évapore ensuite en parcourant une série de bassins enduits de terre-glaise. Mais ici déjà se remarque une première différence. Dans l'Ouest, l'eau ne descend des bassins supérieurs dans les bassins inférieurs que pour remplacer celle que l'évaporation vient d'enlever; dans le Midi, au contraire, l'eau arrivée dans la dernière pièce tombe dans un puits et se trouve remontée, par une roue à tympan, au niveau des pièces supérieures qu'elle va rejoindre, par une rigole convenablement disposée. L'eau se trouve ainsi dans un mouvement continuel; la surface, en contact avec l'air, se renouvelle sans cesse, et l'évaporation s'accroît d'une manière énorme.

Il serait facile d'appliquer cette disposition aux marais de l'Ouest; le creusement de quelques rigoles et l'établissement d'une roue à tympan, d'une valeur de 300 à 400 fr., pourraient augmenter la production du sel d'au moins 1/3°, comme le démontrent des expériences et un calcul très simple. L'existence d'une population nombreuse, aujourd'hui menacée de la plus affreuse misère, par la suppression, en 1849, du privilége qui la soutenait, se trouverait assurée par ces légères modifications.

Les roues à tympan sont en bois; elles ont de 2m à 5m de diamètre, et 0m,40 à 0m,50 de largeur. Un mulet suffit pour les mettre en mouvement. Dans les grands marais salants, au Bagnas (Hérault) par exemple, on en réunit dix ou douze sous le même hangar; deux ou trois hommes suffisent pour les surveiller.

Il se dépose dans les canaux qui séparent les premières pièces de grandes quantités de matières pierreuses, très dures et cristallisées, que l'on dit être du plâtre pur.

Quand l'eau est arrivée, par son séjour dans les pièces, à marquer 22° ou 24° au pèse-sel de Beaumé, on la fait entrer dans les *tables* ou *aires* où le sel doit se déposer. La cristallisation commence quand l'eau marque 25° au pèse-sel; on la laisse continuer en amenant peu à peu de nouvelle eau des pièces, de manière à ce que la densité du liquide dans les tables soit toujours au-dessus de 25° et au-dessous de 28°. La couche de sel déposée augmente continuellement et finit par atteindre une épaisseur de 0m,15 à 0m,18. On cesse alors d'introduire de nouvelle eau, et après avoir laissé la densité de celle qui reste s'élever jusqu'à 28°, on la fait s'écouler. Ce sont les eaux-mères que l'on perdait autrefois, et qui seront peut-être un jour aussi précieuses que le sel lui-même qu'elles ont laissé déposer.

La couche du sel s'égoutte pendant quelques jours dans les tables, puis on l'enlève, au moyen d'une pelle plate en bois (fig. 1502), recouverte de fer-blanc, que l'on introduit entre le sel et le sol, de manière à ne pas le mélanger de terre. On réunit le sel en petits tas coniques dans la table même, et quand il est à peu près desséché on le réunit en énormes tas, quelquefois coniques, mais en général en forme de pyramides quadrangulaires que l'on couvre avec des roseaux jusqu'au moment de l'expédition.

La première récolte du sel se fait, vers la fin de juillet. Quand le temps est favorable on peut en faire une seconde, et quelquefois même une troisième, moins considérable que les deux premières.



1502

On voit que ce procédé diffère essentiellement de celui des salines de l'Ouest, dans lesquelles on recueille le sel presque tous les jours. La différence des climats explique, du reste facilement, l'emploi de ces deux méthodes.

Les produits sont aussi différents que les procédés qui les fournissent. Tandis que dans l'Ouest on obtient du sel gris, en petits cristaux d'un ou deux millimètres seulement, dans le Midi le sel est en masses fortement agrégées et formées de cristaux d'une blancheur éblouissante, et de plusieurs centimètres de côté.

Les ouvriers ont l'habitude de placer à l'entrée des tables des corbeilles et différents objets en osier, qui se recouvrent de magnifiques cristaux cubiques beaucoup plus brillants et d'un effet plus agréable que les objets analogues que l'on fait ordinairement en alun.

Le sel obtenu dans le Midi est aussi beaucoup plus pur que celui de l'Ouest, il renferme :

Chlorure de sodium.	95,11
Chlorure de magnésium. . . .	0,23
Sulfate de magnésie.	1,30
Sulfate de chaux.	0,91
Matière insoluble.	0,10
Eau hygrométrique.	2,35
Total. . .	100,00

On obtient sous le nom de *sel d'écume* un produit blanc en cristaux indiscernables, qui sert pour la table; il ressemble au plus beau sel blanc des raffineries. Il se forme, sous le vent, dans les parties des dernières pièces où l'évaporation est la plus rapide. On commence à demander ce produit dans le commerce; on ne trouvait pas autrefois à le placer.

L'eau des marais salants présente souvent une couleur rouge foncée. La cause de cette coloration a donné lieu à des discussions fort longues et très animées entre les savants les plus distingués de notre époque. Nous ne rappellerons point ces discussions, nous dirons seulement quelques mots de ce curieux phénomène. On avait

d'abord attribué la coloration de l'eau des marais à la présence d'un grand nombre d'*artemia salina*, petit crustacé connu depuis longtemps. Mais il est maintenant bien établi que cette coloration est due à des globules microscopiques que quelques savants disent être des infusoires, et que d'autres supposent appartenir à la famille des *protococcus*.

Le sel qui cristallise dans des eaux rouges conserve quelquefois une légère teinte rose qui le fait rechercher de quelques industries. Cette teinte rose, tout à fait accidentelle autrefois, s'obtient souvent aujourd'hui en agitant d'une certaine manière l'eau des tables dont le fond est enduit de terres creuses rouges.

Traitement des eaux-mères. M. Balard a pris, il y a deux ou trois ans, un brevet pour l'exploitation des eaux-mères des salines. Le jury de l'exposition de l'industrie nationale a décerné, en 1844, la grande médaille d'or à cette nouvelle industrie. Nous expliquerons en peu de mots en quoi elle consiste.

Les eaux-mères, extraites des tables où on recueille le sel, sont amenées dans des tables plus petites que les premières et destinées exclusivement à leur traitement. Elles déposent d'abord du sel, qui forme un sol artificiel sur lequel viendront, plus tard, se déposer les produits que l'on cherche à recueillir. Après un certain temps, il se dépose du sulfate de magnésie que l'on conserve pour l'utiliser plus tard, au commencement de l'hiver, comme nous le verrons bientôt.

Après la cristallisation du sulfate de magnésie, le produit que M. Balard désigne sous le nom de *sel d'été*, commence à se déposer. Le mode de combinaison des sels que renferme ce dépôt n'est pas encore bien connu ; ce qu'il y a de certain, c'est qu'il contient de la potasse, en forte proportion, de la soude, de la magnésie, de l'acide sulfurique et enfin de l'acide hydrochlorique.

On retire facilement de la dissolution du sel d'été, dans l'eau ordinaire, de magnifiques cristaux d'un sulfate double de potasse et de magnésie dont la formule est ; $SO^3\,KO + SO^3\,Mg\,O + 6\,H^2\,O$. Ce qui donne en nombres :

Acide sulfurique.	39,71
Potasse.	23,30
Eau.	26,77
Magnésie.	10,22
Total. . .	100,00

Ce sel est donc quatre fois plus riche en potasse que l'alun, qui ne contient que 9,94 p. 100 de cette base. On conçoit dès lors l'importance de ce nouveau produit pour la France, où les produits potassiques sont très rares. En se débarrassant de la magnésie, ce qui serait facile par plusieurs procédés économiques, on obtiendrait du sulfate de potasse très pur dont le prix est toujours assez élevé.

Les Anglais ont fait des commandes considérables du sel double qui nous occupe, quand ils en ont connu l'existence. Il est probable qu'ils s'en servent pour préparer à la fois du carbonate de magnésie et du sulfate de potasse très pur pour les fabriques de verres fins.

On peut aussi préparer du chlorure de potassium en traitant convenablement le sel d'été. Cette dernière application est d'une grande importance.

L'eau-mère qui a déposé le sel d'été n'est pas encore épuisée. On la conserve, et, à l'époque des premiers froids, on y ajoute le sulfate de magnésie recueilli pendant la campagne. Il se produit une double décomposition en vertu de laquelle il se dépose du sulfate de soude, tandis que du chlorure de magnésium reste dans la dissolution. Cette réaction est facile à expliquer en étudiant le degré de solubilité des sels en présence, à différentes températures.

Presque toutes les salines du Midi se trouvent aujourd'hui entre les mains d'une compagnie puissante, qui organise, sur une très grande échelle, les procédés de M. Balard aux salines du Becquet, près Aigues-Mortes, et aux salines du Bagnas et de Villeroy, dans le département de l'Herault.

Pour terminer l'exposition des procédés employés pour extraire le sel marin de l'eau de mer, il nous reste à indiquer deux procédés, peu employés, mais que l'on doit cependant signaler.

Sel ignifère. On désigne sous ce nom le sel que l'on prépare dans l'Avranchin (département de la Manche). Cette industrie était protégée par des priviléges qui n'existent plus aujourd'hui, aussi se trouve-t-elle réduite à un état très précaire : nous n'en parlons ici que pour mémoire.

Le saunier ramasse, pendant les basses-mers, le sable qui a été imprégné d'eau de mer, et qui, desséché par l'évaporation, contient une certaine quantité de sel. Il place ce sable dans une grande caisse en bois de 0m,30 environ de profondeur, et de 3m,00 de côté dont le fond est recouvert de paille, de manière à former une espèce de filtre, puis il verse dessus 700 à 800 litres d'eau de mer qui se sature de sel en traversant cette couche de sable. La densité de cette eau s'élève environ à 1,16, c'est le point le plus convenable pour la soumettre à l'évaporation. Cette opération s'exécute, au moyen de trois bassines en plomb, de 20 litres de capacité, simplement posées sur les pierres qui forment le fourneau. On enlève les écumes quand le liquide, que l'on nomme brune, commence à bouillir, et chaque fois que l'on ajoute de nouvelle eau pour remplacer celle qui s'est évaporée, on évapore la masse à sec en ménageant le feu pour ne pas fondre les plombs à la fin de l'évaporation. Chaque opération dure 2 heures. On peut en faire dix ou douze par jour. On évapore 700 à 800 litres de brune qui fournissent 150 à 200k de sel, et on brûle vingt à vingt-cinq fagots. Le sel obtenu dans chaque opération est placé dans des paniers, que l'on suspend au-dessus des chaudières pendant l'opération suivante. Les sels déliquescents se liquéfient, et le sel en s'égouttant s'en trouve en grande partie débarrassé.

Extraction du sel par la gelée. L'eau, chargée de sel, jouit de la propriété de ne se solidifier qu'à une température de beaucoup inférieure à celle qui suffit pour congeler l'eau pure. De là, un moyen de se procurer du sel de l'eau de mer, dans les pays froids, où on ne peut appliquer la méthode des marais salants. Il suffit, en effet, d'exposer à un certain refroidissement l'eau de mer pour la voir se partager en deux parties : l'eau pure se gèle, et l'eau chargée de sel reste liquide. On enlève les glaçons, et, en répétant cette opération, si cela est nécessaire, on obtient une liqueur très concentrée qu'il suffit de soumettre à l'évaporation.

Les sels obtenus par ce procédé sont très impurs. D'après M. Hess, le sel des salines d'Oustkout renferme :

Sel marin.	74,84
Sulfate de soude. . . .	15,20
Chlorure d'aluminium. . .	1,17
Chlorure de calcium. . .	5,21
Chlorure de magnésium. .	3,57
Total. . .	100,00

On pourrait les obtenir très purs en traitant l'eau de mer par la chaux avant de l'exposer à la gelée; on décomposerait ainsi les sels de magnésie et d'alumine et on empêcherait la formation du sulfate de soude et, par conséquent, la décomposition d'une quantité équivalente de sel marin.

Nous ne voulons pas nous occuper ici de la question de l'impôt sur le sel, nous rappellerons seulement que c'est Philippe de Valois qui rendit fixe et permanent le droit sur le sel en 1344 ou 1345. Mais saint Louis et

Philippe le Long avaient déjà levé des taxes sur cette substance. Les établissements où l'on fabrique le sel sont aujourd'hui soumis à une surveillance des plus actives de la part de l'administration des douanes. Le droit perçu est environ égal à dix fois le prix du sel dans la saline même. L'administration semble disposée à décharger de ces droits les sels *dénaturés* destinés à l'agriculture. On est donc amené à chercher les moyens de rendre impropre à l'alimentation de l'homme une substance que l'eau de la mer et le soleil suffisent pour procurer. Triste résultat de la fausseté des principes qui nous régissent en matière d'impôt! H. MANGON.

MARBRE (*angl.* marble, *all.* marmor). Les marbres appartiennent à deux variétés de pierre calcaire, la variété saccharoïde et la variété compacte.

La chaux carbonatée saccharoïde fournit les marbres statuaires : celui de Carrare, dont le grain est très fin et très homogène, est actuellement le plus généralement employé ; celui de Saint-Béat, dans les Pyrénées, est à grain beaucoup plus gros, plus translucide, et se rapproche beaucoup du marbre antique de Paros ; celui de Soste est à grain très fin, fortement translucide, d'une sonorité remarquable, et pour ainsi dire inaltérable par l'action des agents atmosphériques. Malgré ces précieuses qualités qui devraient le faire préférer à tout autre, pour l'art statuaire, surtout dans nos climats froids et pluvieux, ce marbre n'est presque pas employé à cause de son extrême dureté qui augmente considérablement les frais de main-d'œuvre. Parmi les marbres d'ornement qui se rapportent au calcaire saccharoïde, nous citerons le *bleu turquin* légèrement coloré en gris-bleuâtre par une faible proportion de bitume ; le *marbre jaune antique* coloré par une petite quantité d'hydrate de fer ; et le *marbre cipolin*, marqué de larges bandes ondulées blanches et vertes, résultat de l'association du calcaire saccharoïde blanc et de schiste talqueux verdâtre. Ces divers marbres sont des roches métamorphiques.

Les calcaires compactes fournissent la plupart des marbres d'ornement. Leur nombre est infini, et leur nomenclature est arbitraire ; elle varie dans chaque pays. Les plus abondants sont donnés par des colorations en noir ou en gris dues à un mélange de bitume, en rouge ou en jaune par de l'oxyde de fer anhydre ou hydraté. Quelques marbres verts sont le résultat d'un mélange de calcaire et de schiste talqueux ou de serpentine. Dans les marbres noirs, on distingue : 1° le *noir antique*, ou drap mortuaire dont la couleur est homogène ; 2° le *petit granite*, dont le fond noir est parsemé de parties plus claires, disséminées d'une manière à peu près régulière. Ces parties, qui brillent dans la cassure, sont dues à des encrines spathiques ; 3° le *marbre Sainte-Anne*, qui présente sur un fond noir ou d'un gris très foncé, des veines blanches qui se croisent dans tous les sens ; 4° le *petit antique*, offrant un mélange de taches noires et blanches à peu près égales et anguleuses. Ces quatre variétés de marbre, appartenant au terrain de transition, existent avec abondance dans les environs de Mons, et forment, pour la Belgique, un objet d'exportation considérable ; 5° le *marbre portor*, exploité au pied des Apennins au sud-est de Gênes, et près de Porto-Venere, lequel présente sur un fond d'un beau noir des veines d'un jaune doré du plus bel effet. Parmi les marbres rouges, on distingue : 1° le *marbre griotte*, dont le fond, d'un rouge-brun, est parsemé d'une manière symétrique de taches d'un rouge beaucoup plus clair, quelquefois aussi de taches blanches, arrondies, appartenant à des nautiles ; 2° le *marbre de Sarancolin*, dans les Pyrénées, d'un rouge foncé, mêlé de gris et de jaune avec des parties transparentes ; 3° le *marbre du Languedoc*, ou *marbre incarnat*, d'un rouge assez clair, mêlé de parties plus claires dues à des polypiers. On doit encore signaler le marbre de Florence, ou *marbre ruiniforme*, dans lequel on remarque, sur un fond gris, des dessins anguleux, bizarres, d'un brun-jaunâtre, qui simulent l'apparence de ruines ; c'est un calcaire compacte argileux d'un gris-jaunâtre, dans lequel le retrait a produit des fentes dans différents sens. Un ciment calcaire en a réuni plus tard les fragments, tandis qu'une infiltration ferrugineuse, se distribuant d'une manière irrégulière dans ce calcaire, a produit les dessins figuratifs.

Les calcaires compactes contiennent très fréquemment des coquilles fossiles disséminées dans leur intérieur ; quand ces coquilles sont abondantes et que le test en est conservé, on désigne ces calcaires sous le nom de *lumachelle* ; parmi ces lumachelles, quelques-unes présentent des reflets agréables analogues à ceux de la nacre : elles sont alors très estimées comme marbre d'ornement. On distingue la *lumachelle d'Astrakan* et la *lumachelle opaline* : dans la première, les coquilles sont d'un jaune clair et se détachent sur un fond brunâtre. La lumachelle opaline vient de Bleiberg en Carinthie ; elle présente des reflets irisés de couleur rouge-orange, rouge de feu et gorge de pigeon du plus bel effet.

Cet aperçu succinct sur les marbres montre que leur gisement général est dans les terrains de transition ; cependant, dans les Alpes et dans les Pyrénées, les formations jurassiques et crétacées en fournissent également de très beaux, mais leurs caractères sont dus à une cause métamorphique.

L'estime que l'on fait d'un marbre est fondée sur la vivacité de ses couleurs, sur son homogénéité qu'on reconnaît au son plus ou moins clair qu'il rend lorsqu'on le frappe, sur la beauté du poli qu'il est susceptible de prendre, et surtout sur la propriété de se conserver à l'air sans altération. On ne saurait indiquer de règle à cet égard ; toutefois on peut dire que ceux qui contiennent de l'argile se délitent facilement à l'air, que les marbres mélangés de pyrites de fer se salissent en se couvrant de rouille, et qu'en général plus un marbre est sonore, plus il prend un beau poli et plus il est inaltérable à l'air.

MARGARATES. Sels formés par l'acide margarique.

Acide MARGARIQUE. Cet acide, découvert par M. Chevreul, cristallise en aiguilles entrelacées très brillantes, fusibles à 60°, insipides, insolubles dans l'eau, très solubles dans l'alcool et l'éther, formant avec les bases des sels qui ont beaucoup d'analogie avec les stéarates.

A l'état de pureté, l'acide margarique n'a pas d'usage dans les arts ; mais mélangé avec l'acide stéarique et quelquefois un peu de cire, il constitue les bougies stéariques (voyez BOUGIE).

MARNE (*angl.* marlen, *all.* mergel). Nom qu'on donne à tous les mélanges de calcaire et d'argile susceptibles de se déliter à l'air ; on les emploie en beaucoup de lieux pour amender les terres (voyez ARGILE et CALCAIRE).

MAROQUIN (voyez TANNAGE).

MARTEAU (voyez FER et MÉCANIQUE).

MARTEAU A VAPEUR. L'invention du marteau à vapeur ou marteau-pilon est réclamée, en France, par M. Schneider, du Creusot, qui a pris à cet égard un brevet en date du 19 avril 1842, et en Angleterre, par M. Nasmyth, breveté à Londres le 9 juin de la même année. Ce simple énoncé de dates suffit pour que l'on n'hésite pas un instant à attribuer à notre compatriote le mérite de la découverte de cette ingénieuse machine, qui présente une nouvelle application de l'emploi direct de la vapeur aux organes des machines-outils, principe que M. Cavé avait déjà exploité avec tant de succès dans ses *machines à percer et à cintrer la tôle*, etc. (voyez CHAUDRONNERIE). Avec le secours de ce marteau, on

forge et on soude les plus fortes pièces aussi facilement que celles de dimensions ordinaires. Le poids du marteau s'élève de 2500 à 3000 kilogr. ou plus, et sa levée peut varier à volonté depuis 1m et plus jusqu'aux plus petites distances, de sorte que l'ouvrier s'en sert indifféremment et avec une égale facilité pour souder, pour étirer, pour parer et pour finir. Lorsque l'ouvrier, pour vérifier les dimensions des pièces cinglées, veut suspendre, sans l'arrêter tout à fait, la marche du marteau, cette masse énorme se balance et oscille au-dessus de la pièce sans la toucher, attendant pour ainsi dire le moment d'agir.

Du reste, M. Schneider et M. Nasmyth employant les mêmes dispositions principales, il nous suffira, par exemple, de décrire le marteau à vapeur d'après le texte du brevet de M. Nasmyth.

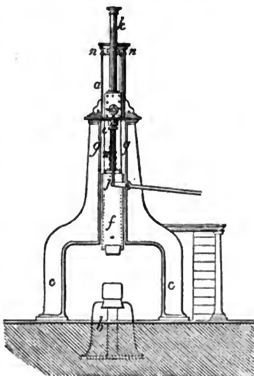
La fig. 1503 est une vue de face de ce marteau; la fig. 1504 est une coupe verticale passant par l'axe de la machine ; et la fig. 1505 est une élévation de l'appareil un peu modifié et supposé opérer sur une forte pièce.

a, a, est un cylindre placé, aussi verticalement que possible, au-dessus de l'enclume *b*, et porté par les deux montants latéraux *c, c* (fig. 1503 et 1504), ou par un sommier *s* (fig. 1505). Un piston *d* se meut dans ce cylindre et soulève le mouton *f* avec lequel il est lié par la tige *e*. Ce mouton, qui sert de marteau, est guidé, dans son ascension et dans sa descente, par la coulisse verticale *g, g*, dont les deux côtés sont fixés aux montants *c, c* (figures 1503 et 1504), ou maintenus par des contre-fiches *u, u* (fig. 1505).

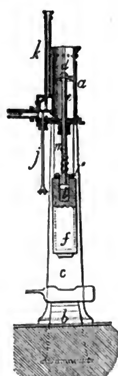
La vapeur, ou tout autre fluide élastique capable de soulever le marteau *f*, en agissant sous le piston, arrive, par suite de l'élévation du tiroir *i*, dans le cylindre *a*, agit sous la surface du piston *d*, et soulève le marteau *f*, à une hauteur limitée seulement par celle du cylindre auquel on peut donner toute la longueur nécessaire. Lorsque le marteau est arrivé à la hauteur que l'on désire, on abaisse le tiroir par le moyen de la tringle à poignée *j*, non seulement assez pour empêcher la vapeur d'affluer davantage, mais encore suffisamment pour permettre à celle qui est renfermée sous le piston de s'échapper par le tuyau *k* Au moment où l'on exécute cette manœuvre, le marteau descend avec toute l'énergie due à la hauteur de sa chute, et donne, par conséquent, un coup puissant sur la pièce que l'on veut forger. On élève alors la poignée *j*, soit par l'effet même de la descente du marteau, soit à la main, selon qu'on le trouve plus convenable, et l'on permet ainsi à la vapeur de rentrer sous le piston. En admettant et en laissant ainsi échapper la vapeur, on communique donc au marteau *f* un mouvement d'ascension ou de chute, par l'action directe de ce fluide élastique, sans l'interposition d'aucune espèce de mécanisme. Ce qu'il y a d'ailleurs de très important, c'est que la rentrée de la vapeur, que la hauteur de la chute, et par conséquent l'intensité du coup peuvent varier à volonté, et que, de plus, la surface agissante du marteau ou de l'instrument tranchant, reste toujours parallèle à celle de l'enclume ou du coin qui reçoit le coup, quelle que soit la hauteur à laquelle s'élève la pièce choquante.

La liaison de la tige *e* du piston et le marteau se fait en interposant une matière élastique *l* (fig. 1504) entre ce marteau et les deux portées du renflement pratiqué au bas de la tige de suspension, afin d'éviter les ruptures ou les dégradations qui pourraient survenir au piston, à la tige ou au cylindre, au moment du choc, ou bien à celui de l'introduction de la vapeur dans le cylindre. Pour éviter plus sûrement ce dernier inconvénient, on taille un peu obliquement, à la lumière du cylindre, la partie inférieure du tiroir *i*, ce qui permet à la vapeur d'entrer d'abord par un des angles et d'agir sous le piston sans secousse brusque.

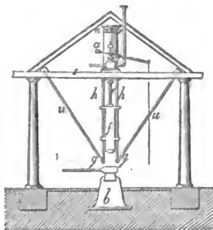
En se reportant à la fig. 1504, on reconnaît la position de la matière compressible (laine, bois ou cuir), au-dessus et au-dessous du renflement qui termine la tige *e*; cette matière est retenue en *l'*, par le fond de la cavité cylindrique, et en *l''*, par la rondelle boulonnée qui sert à lier la tige avec le marteau ou à l'en séparer, quand on le désire. Un fort ressort spiral *m* entoure la tige du piston, et prévient les chocs rudes que le marteau pouvait exercer contre le fond du cylindre ; ce ressort sert en même temps de rabat pour accélérer la chute. On empêche au reste le piston de s'élever trop



1503.



1504.

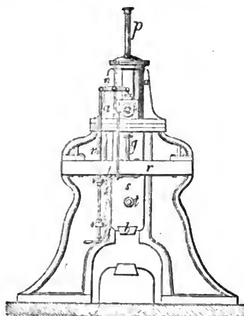


1505.

haut, en pratiquant, dans la partie supérieure du cylindre, tout autour de sa périphérie, une rangée de trous *n*, *n*, qui permettent à la vapeur de s'échapper, lorsque le piston atteint accidentellement ce niveau.

La fig. 1506 représente une modification du marteau à vapeur, destinée à servir dans les circonstances où l'on désire une rapide succession de coups, soit faibles, soit forts, et où l'on veut mouvoir mécaniquement l'appareil qui opère l'admission et l'exclusion de la vapeur.

Les dispositions principales sont semblables à celles que nous venons de décrire : on voit en *a a*, le cylindre à vapeur; en *b*, le marteau qui peut être terminé par



1506.

une étampe, une matrice ou un outil tranchant, selon le besoin; en *d*, l'enclume; en *e*, *e*, les montants latéraux qui supportent l'appareil principal; en *f*, le piston; en *g*, la tige de jonction assemblée avec le marteau *b*, par le moyen d'un milieu élastique, comme précédemment.

Ce que ce dernier dispositif a de plus remarquable, ce sont les moyens de rendre la machine capable d'agir mécaniquement et de produire une rapide succession de coups. Lorsque la vapeur est admise dans la boîte à vapeur *h*, par suite de l'ouverture du robinet *i*, le piston s'élève avec le marteau qui est muni d'un mentonnet *k*. Ce mentonnet, en montant, rencontre un arrêt *l*, fixé sur la tringle verticale *m*, qui est liée avec la tige du tiroir par le moyen du fléau *n*, et qui, par conséquent, intercepte la vapeur, la fait passer par la sortie *o*, dans la partie du cylindre située au-dessus du piston, et de là dans l'atmosphère par le tuyau *p*. Le marteau redescend alors, et le mentonnet *k* rencontre un autre arrêt *q*, également fixé sur la tige verticale *m*, et qui fait rentrer la vapeur sous le piston en élevant le tiroir. La répétition de ces effets contraires produit donc une succession de coups dont la rapidité dépend de la position des arrêts *l* et *q*, ainsi que de la pression de la vapeur. Enfin une pièce de charpente *r*, légèrement élastique et garnie de quelques morceaux de cuir superposés *s*, servant de garnitures, contre lesquels viennent frapper deux saillies établies sur la partie supérieure du marteau, et dont le choc produit un mouvement de recul qui augmente l'énergie du recul.

Marteau à pilots. Le principe de la construction du marteau à vapeur a été appliqué avec un succès peut-être encore plus remarquable à l'enfoncement des pilots. La machine se compose d'un bâti en fonte qui se place sur la tête du pilot à enfoncer, et sert à la fois de support au cylindre à vapeur et de guide au mouton; il résulte de cette disposition que tout l'appareil est porté par le pilon lui-même et descend à mesure qu'il s'enfonce. Les tuyaux qui conduisent la vapeur de la chaudière au cylindre sont articulés d'une manière ingénieuse, et permettent à celui-ci de suivre la marche du pilot.

Voici quelques résultats observés à Devonport (Angleterre) :

Il s'agissait, pour le creusement d'un nouveau dock, de construire un bâtardeau de 488^m de longueur, composé d'un double rang de pilots de 13^m,80 à 20^m de longueur sur 0^m,30 à 0^m,40 d'équarrissage, placés les uns à côté des autres aussi près que possible.

L'appareil porté sur le pilot, y compris le cylindre, le guide et le mouton, pesait 7000^k; la plus grande vitesse a été de 70 à 80 coups par minute; la profondeur moyenne d'enfoncement a varié de 9 à 12^m. Pour fixer et mettre en place un pilot, il faut 20 minutes; pour l'enfoncer de 9 à 12^m, il ne faut que 2 ou 3 minutes.

On enfonce dans une journée de 10 heures jusqu'à 32 pilots; mais le nombre moyen a été de 16 dans le même espace de temps.

Comme on calcule ordinairement qu'il faut une tiraude et un homme à raison de 12 à 14^k de poids du mouton, il s'ensuit que pour employer une monture ordinaire du même poids faisant le même effet que le mouton à vapeur, il faudrait 80 hommes.

Il arrive fréquemment qu'un seul coup de mouton enfonce un pilot de 5 à 6^m; et un avantage notable que présente l'emploi de cette machine, c'est que les obstacles accidentels qui font si souvent dévier les pilots dans le mode ordinaire de battage ont fort peu d'influence avec le nouveau mouton, parce que sa masse et la rapidité de l'enfoncement ne permettent guère de déviation : aussi parvient-on à faire avec cet appareil de véritables murs en charpente, d'une régularité parfaite.

Enfin la tête des pilots n'est nullement endommagée par le choc qui se fait avec peu de vitesse, et cet effet est si bien constaté qu'on se dispense de fretter la tête des pilots, ainsi que cela est d'usage.

Cette machine a produit, suivant les ingénieurs anglais, une économie de temps qu'on peut évaluer à deux ans et une économie d'argent de 1,250,000 francs.

MASSICOT, protoxyde de plomb. Voyez PLOMB.

MASTIC (*résine*). Cette résine s'extrait par incision du *pistacia lentiscus*, qui croît dans l'île de Chio, et s'obtient sous formes de graines ou larmes jaunâtres, demi-translucides. Celle qu'on recueille sur le tronc forme le *mastic en larmes;* celle qu'on ramasse par terre constitue le mastic commun. Le mastic se ramollit sous la dent, possède une faible saveur aromatique, un peu amère, et une odeur agréable. Aussi s'en servait-on autrefois comme masticatoire pour parfumer l'haleine, ce qui lui a valu le nom qu'il porte. Projeté sur des charbons ardents, il répand une odeur assez forte. Sa densité est de 1,074. Il contient deux résines dont l'une est soluble dans l'alcool aqueux, tandis que l'autre ne s'y dissout pas.

Le mastic entre dans la composition de plusieurs emplâtres, onguents, vernis et poudres fumigatoires.

MASTIC. Voyez CIMENT.

MATRICE. On désigne, sous le nom de matrices, les creux qui servent dans beaucoup de professions pour obtenir des reliefs, soit au moyen de l'estampage, soit au moyen du moulage. Lorsque les pièces qu'il s'agit d'obtenir sont de grandes dimensions, on obtient, en général, la matrice par un moulage; c'est ainsi que s'obtiennent en fonte de fer les matrices de grande dimension qui servent dans l'industrie des cuivres estampés. Mais quand les objets sont très délicats et

que les formes doivent en être d'une grande pureté, comme pour la bijouterie, on obtient ces matrices à l'aide de la percussion d'un poinçon d'acier trempé dans la masse d'acier recuit qui doit former la matrice. On a plusieurs fois tenté d'obtenir ces matrices sans gravure et, par suite, avec une grande économie. Les procédés employés se réduisent, en général, à mouler en fonte très résistante d'une composition voisine de celle de l'acier fondu le poinçon dont on veut éviter la gravure. Ce poinçon, presque toujours retouché et trempé, est enfoncé dans une matrice fondue aussi d'après le modèle primitif, de telle sorte que les masses sont indiquées et qu'il ne reste plus qu'à aviver les arêtes, action à laquelle suffit le poinçon fondu.

Ce procédé qui, imparfaitement exécuté, est sans avantages à cause des nombreuses retouches qui deviennent nécessaires, ne donne, entre des mains inhabiles, que des résultats fort inférieurs à ceux de la gravure; mais quelques travailleurs intelligents, qui ont parfaitement saisi tous les tours de main et les conditions de succès des opérations successives, en obtiennent des résultats vraiment remarquables. On a admiré, à l'exposition de 1844, les produits d'un exposant qui montrait des matrices d'acier correspondantes à tout sujet en cire, en plâtre, d'une pureté vraiment admirable et à des prix tout à fait insignifiants. Nous ne doutons pas que les procédés qu'il emploie ne se rapprochent beaucoup de ceux indiqués ci-dessus.

MATTE (*angl.* matt, *all.* stein). Lorsque l'on fond des minerais sulfurés crus ou incomplétement grillés, on obtient des scories qui renferment la totalité des matières pierreuses ou terreuses contenues dans le minerai, et une *matte* (sulfure multiple) où se concentrent les matières métalliques. Voyez ARGENT, CUIVRE et PLOMB.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX MACHINES. Nous avons donné, dans l'introduction, les principes sur lesquels repose cette science, nous compléterons ici ce que nous avons dit, et d'abord nous établirons le principe fondamental des *forces vives*. On sait que deux forces, appliquées tour à tour à un même corps qui cède librement à leur action, en se mouvant parallèlement à lui-même, dans le sens de cette action, lui impriment, dans le même élément de temps dt des vitesses infiniment petites, proportionnelles à leur intensité respective et indépendante du mouvement précédemment acquis. Ainsi p étant le poids absolu d'un certain corps ou point matériel, dans un lieu pour lequel la gravité lui imprime la vitesse $g = 9^m,8088$, au bout de la première seconde de sa chute, ou gdt dans chaque élément dt du temps, puisqu'il s'agit ici d'une force accélératrice sensiblement constante, et q étant une autre force motrice quelconque, capable d'imprimer au même corps et dans l'élément du temps dt l'accroissement de vitesse dv, on aura, d'après la loi énoncée :

$$Q : p :: dv : gdt, \text{ d'où } Q = \frac{p}{g}\frac{dv}{dt}$$

Soit pareillement p' le poids absolu de ce corps dans un autre lieu quelconque, pour lequel la vitesse imprimée au bout de la première seconde serait g'; on aurait également

$$Q = \frac{p'}{g'}\,\frac{dv}{dt}, \text{ d'où } \frac{p'}{g'} = \frac{p}{g} = \text{constante} = m;$$

ce qui est évident *à priori*, puisqu'en vertu de la même loi on a :

$$p : p' :: gdt : g'dt.$$

Or, le rapport m qui demeure indépendant de l'intensité de la gravité en chaque lieu, est précisément ce qu'on est convenu de nommer *la masse* du corps; définition qu'il faut admettre, sans s'embarrasser des idées physiques ou métaphysiques qu'on y attache quelquefois, en sorte qu'on a aussi par simple convention

$$p = mg.$$

Du reste, comme le rapport m ne change ni avec le volume, ni avec la forme, ni avec le poids absolu, d'un corps, il arrive souvent que sous le point de vue mécanique, on désigne simplement les corps par leurs masses. La première des équations ci-dessus nous donne en conséquence, v' étant la vitesse du corps à l'instant où l'action de la force commence et v celle qui correspond à un temps quelconque écoulé depuis cet instant,

$$\varphi = m\frac{dv}{dt}\,; \varphi\, dt = m dv\,; \int \varphi\, dt = m\,(v - v');$$

en supposant toujours que la force φ entraîne le corps p dans le sens de sa propre direction : qui est censée invariable, comme pour la gravité. Or les produits mv, mv', qui correspondent aux vitesses v et v' possédées par le corps à la fin et au commencement de l'intervalle de temps où l'on considère l'action de la force, sont précisément ce qu'on est convenu de nommer les *quantités de mouvement* de ce même corps, relatives aux instants dont il s'agit, expression à laquelle il ne faut également attacher aucune idée métaphysique, et qui n'a pour objet, comme la précédente, que de faciliter l'énoncé des théorèmes de mécanique, où les quantités telles que $mv = \frac{p}{g}v$ se reproduisent fréquemment.

D'ailleurs, on voit que la quantité de mouvement répondant à une intégrale de la forme $\int \varphi\, dt$, prise entre des limites déterminées, a une signification très distincte de celle qui se rapporte à la quantité d'action ou de travail, de sorte qu'il n'est pas permis de les confondre avec ces dernières dans les applications.

11. En effet nommant toujours dans les hypothèses ci-dessus, de l'élément de chemin décrit par le point d'application de la force φ, pendant dt, $\varphi\, de$ sera la quantité de travail élémentaire qu'elle aura développée dans le même temps, de sorte qu'on aura entre les mêmes limites de vitesses v' et v, et attendu que $\frac{de}{dt} = v$;

$$\int \varphi\, de = \int m\frac{dv}{dt}de = \int mv\, dv = \frac{1}{2}(mv^2 - mv'^2).$$

pour l'expression de la quantité de travail imprimé depuis la position où le corps possédait la vitesse v', jusqu'à celle où il a acquis la vitesse v et qui d'ailleurs sera, comme on voit, positive ou négative selon que v sera plus grand ou plus petit que v', ou selon que la force φ tendra à accélérer ou à retarder constamment le mouvement primitivement acquis par le corps; l'accroissement instantané dv de la vitesse prenant, dans ce dernier cas, un signe contraire à v.

Les quantités mv^2, mv'^2, sont ce que les géomètres sont convenus de nommer *une force vive*, expression impropre, puisque nous n'admettons point d'autres forces que celles de pression comparables à des poids, et à laquelle il ne faut encore attacher aucune idée métaphysique, mais qu'on doit considérer comme une définition abrégée du produit de la masse $\frac{p}{g}$ d'un corps actuellement en mouvement par le carré de sa vitesse effective. Par ce moyen on évitera d'ailleurs de confondre entre elles la force vive et la quantité de travail qui se rapportent à des phénomènes et à des effets physiques distincts, quoique numériquement parlant elles soient du même ordre et aient une mesure commune. En effet, l'équation ci-dessus exprime, quand on y suppose $v' = 0$, ce qui répond au cas où le mouvement commence avec l'action de la force, que la *force vive acquise par le*

corps est égale au double de la quantité de travail totale qui lui a été imprimée par cette force.

L'équation ci-dessus qui indique l'égalité du travail produit par la force appliquée, et l'effet produit sur la masse du corps (cette résistance de la matière à prendre le mouvement s'appelle force d'inertie) forme toute la base du calcul de l'effet des machines, qui ne consiste que dans l'interprétation de cette formule dans chaque cas particulier. C'est le fameux principe des forces vives.

Appelant :

v', la vitesse de la masse m au premier instant, ou pour la première position où l'on considère le système.

v, ce que devient cette vitesse en un autre instant, désignant par $\Sigma\, Qdq$ la quantité de travail développé par la force Q pendant le même intervalle, l'équation deviendra :

$$\Sigma\, Qdq = \frac{1}{2}\,\Sigma\,(Mv'^2 = Mv^2)$$

C'est-à-dire que « entre deux positions du système, l'accroissement de la somme des forces vives des différentes masses est égal au double de la somme des quantités du travail, positives ou négatives, imprimées dans le même intervalle par toutes les forces (distinctes de l'inertie) qui ont agi sur le système. »

Cette équation permettra donc par suite d'évaluer le travail des forces par le calcul des vitesses et des masses.

On l'emploie le plus souvent sous la forme suivante, dans laquelle on indique les diverses natures de forces qui sont toujours en action dans une machine.

$$Mv^2 - Mv'^2 = 2\,(Ff - Rv - Qq \pm PH)$$

F, représentant les forces actives du système, nécessairement positives ; f, le chemin qu'elles parcourent.

R, les résistances (nécessairement négatives).

Q, les résistances utiles de la machine ; le travail qu'elle doit produire.

P, le poids successivement utile ou nuisible des pièces dans le mouvement alternatif de la machine.

Cette seule équation montre que le travail utile produit ne saurait jamais être égal à celui communiqué à la machine, et qu'il s'en approchera surtout d'autant plus que les résistances seront moindres.

De l'établissement des machines industrielles.

La question du meilleur établissement des machines n'est pas susceptible d'une solution générale rigoureuse ; on est obligé de la décomposer. Les conditions essentielles d'un pareil établissement consistent à rendre un *maximum*, l'effet utile de la quantité d'ouvrage confectionné, et un *minimum*, la dépense en travail moteur et en argent ; de sorte que l'unité d'ouvrage de chaque espèce soit fournie au moindre prix possible. Pour traiter cette question dans toute sa généralité, il faudrait être à même de faire varier à la fois toutes les données dont elle dépend, dans les relations qui lient l'effet utile à l'effet dépensé ; mais, en faisant même abstraction du prix, en argent, qui change suivant les temps et les localités, on ne peut aborder ainsi la question de l'établissement des machines. On se contente de la décomposer en plusieurs autres distinctes pour les traiter à part : ainsi l'on étudie successivement l'action des moteurs sur les récepteurs ; des outils, ou opérateurs, sur la matière à confectionner, à déplacer, etc. ; puis, l'on en vient aux pièces matérielles qui servent simplement à communiquer le mouvement.

L'expérience et le calcul ont appris que ces dernières pièces exercent, en général, peu d'influence sur la quantité d'action transmise par elles, dans toutes les machines qui sont bien construites et où elles ne sont pas trop multipliées ; en un mot, la quantité de travail absorbée par les résistances passives inhérentes à ces pièces, est ordinairement une fraction assez faible de celle qu'elles reçoivent du récepteur. Il n'en est pas ainsi des pertes de travail qui ont lieu sur le récepteur et sur l'outil ; elles forment, comme nous le verrons, presque toujours une fraction considérable de la valeur absolue et mécanique du moteur. C'est pourquoi, dans la question de l'établissement d'une machine, ce qui importe le plus c'est le choix de ces deux pièces extrêmes ; et, comme le genre du travail est toujours déterminé, on procède toujours par le choix de l'opérateur.

L'opérateur et le récepteur doivent être considérés comme de véritables machines soumises à une puissance et à des résistances. Ainsi, en mettant de côté le prix même de ces agents, qui doit rarement être pris en considération, attendu qu'il est toujours une assez petite fraction de celui du travail moteur considéré pendant un temps suffisamment long, on pourra, à l'avance, fixer les conditions essentielles de leur établissement, et motiver, à défaut d'expériences décrites, le choix qu'on doit en faire, les préférences qu'on doit accorder aux uns sur les autres. Par exemple, le meilleur opérateur et le meilleur récepteur sont ceux où la puissance et la résistance agissent d'une manière continue, uniforme, sans secousses et sans choc, ce qui convient principalement aux pieces à mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe : il faut, en outre, pour le récepteur, que toute la quantité de travail dont est capable la puissance dans un temps donné, soit complétement absorbée, et, pour l'opérateur, que le déchet de la matière soit le moindre possible, que le produit ait le degré de perfection désirable, etc.

Si l'opérateur et le récepteur n'étaient soumis à aucune résistance passive, il résulterait des conditions précédentes qu'ils utiliseraient, de la manière la plus convenable, toute la quantité d'action dépensée par la force motrice qui leur est appliquée, ou qu'ils produiraient le *maximum d'effet absolu*. Mais il n'en est jamais ainsi dans la pratique ; fort souvent même, on se voit obligé de renoncer aux conditions de l'uniformité du mouvement, etc. ; d'où il suit que, ne pouvant faire produire à l'opérateur et au récepteur le *maximum* d'effet absolu, on se borne à rendre son travail utile un *maximum relatif*. Il faut, en effet, se rappeler que, quelle que soit la constitution d'un pareil agent, ses dimensions, sa forme, sa vitesse, exercent une influence notable sur le travail transmis ; de sorte que, dans chaque cas, on a à faire la recherche des combinaisons qui offrent le plus d'avantages réunis. L'expérience et le calcul ont déjà conduit à quelques résultats précieux, relativement aux divers récepteurs, mais il reste encore beaucoup à faire pour les outils et opérateurs.

Ainsi la pression F d'une force (de l'eau sortant d'un déversoir par exemple) est en général susceptible de varier avec la vitesse propre de la partie qu'elle rencontre ; de telle sorte qu'étant nulle pour une vitesse, de son point d'application, égale à la plus grande vitesse V que puisse prendre librement le moteur, elle est au contraire la plus grande possible quand le récepteur est immobile ou que $v = 0$.

Si l'on connaissait pour chaque moteur, chaque récepteur et chaque outil, les conditions du meilleur effet et le rapport de la quantité de travail transmise à la quantité de travail absolue, en combinant ces données avec celles qui sont étrangères à la mécanique, on serait en état de choisir le récepteur et l'opérateur, qui, dans chaque cas particulier et pour chaque localité, sont le plus avantageux possible, et l'établissement des machines ne souffrirait plus dès lors de grandes difficultés ; car la vitesse, la forme et les dimensions relatives que doivent recevoir cette première et cette dernière pièce étant réglées, le choix des pièces intermédiaires, leurs rapports de grandeur, de position et de mouvement, seraient presque entièrement exempts d'arbitraire, puisqu'on aurait pour se diriger les préceptes

généraux qui précèdent, et les tableaux des diverses transformations de mouvement.

Il resterait ensuite à régulariser l'action du moteur et de la résistance utile, c'est-à-dire à en proportionner les effets ou le travail, de manière à assurer la permanence du mouvement et son uniformité, s'il est possible.

Il faut supposer que la quantité de matière à confectionner, ou d'ouvrage quelconque à produire dans un temps donné, soit connue, ainsi que le nombre des révolutions de la machine, et qu'il s'agisse de régler, en conséquence, la marche des opérations et le travail du moteur. La condition la plus essentielle à remplir, c'est de disposer les choses de façon que des quantités égales de matière soient présentées à l'action de l'outil ou de l'opérateur, sinon à chaque instant et d'une manière continue, ce qui ne convient qu'aux outils de rotation, du moins à chacune de ses diverses révolutions, de sorte qu'il y ait le moins d'intervalle possible entre les chargements et le moins de temps perdu. Il en résultera, en effet, que, si l'on applique à l'opérateur une puissance capable de vaincre toutes les résistances qui y sont attachées, elle devra développer des quantités de travail égales, sinon à chaque instant, du moins à chaque révolution, de sorte que les variations de la vitesse demeureront elles-mêmes comprises entre des limites réservées et fixes.

Ces conditions sont ordinairement remplies dans toutes les bonnes machines, soit par les agents préposés à la surveillance et à la direction du travail, soit au moyen de dispositions particulieres inhérentes à l'opérateur lui même, et qui font varier la quantité de matière qui lui est soumise proportionnellement à la vitesse ou à l'énergie du moteur : le *babillard* des moulins à farine, le *pied de biche* des scieries à bois, etc., sont de véritables régulateurs de ce genre.

Il arrive pourtant quelquefois qu'on ne peut ainsi régulariser l'action de l'opérateur, soit parce que les rechargements de matière occasionnent des interruptions plus ou moins fréquentes, plus ou moins longues, soit parce que la résistance opposée par cette matière elle-même n'est pas constante; mais alors, il faut au moins chercher à renfermer les inégalités dans des limites suffisamment étroites, et de façon que les quantités de travail à dépenser, dans chaque unité de temps, ne s'écartent jamais par trop de la valeur moyenne déduite d'un certain nombre de révolutions de l'opérateur.

Dans tous les cas où il résulterait de cette inégalité d'action des inconvénients graves pour la machine, on a recours à l'emploi d'un volant, qu'on place le plus près possible de l'opérateur, et qui, par son inertie, sert à maintenir l'uniformité du mouvement de l'axe auquel il est appliqué, pourvu que la puissance, qui agit tangentiellement par hypothèse à la circonférence de la roue motrice montée sur cet axe, développe contre elle, et dans chaque unité de temps, des quantités de travail égales à la moyenne dont il vient d'être parlé ci-dessus, moyenne qui doit être censée donnée par le calcul ou l'expérience, ainsi que la vitesse, sensiblement constante, du point d'application de la force motrice. Divisant donc cette quantité de travail par cette vitesse, c'est-à-dire par le chemin qui décrit uniformément le point dont il s'agit, on aura ainsi la valeur moyenne de l'effort que doit exercer la puissance pour vaincre toutes les résistances qui lui sont opposées, valeur qui généralement s'écartera peu de la véritable, et qu'on pourra, sans erreur sensible, lui substituer dans tous les calculs relatifs à l'appréciation des effets de la machine.

Maintenant, si l'on considère les unes après les autres les différentes pièces interposées entre le récepteur et l'opérateur, pièces qui par hypothèse sont toutes douées d'un mouvement de rotation sensiblement uniforme, et où l'influence de l'inertie peut être négligée, de sorte que les puissances et les résistances y sont constamment en équilibre; si l'on considère, dis-je, les unes après les autres ces pièces ou machines simples, il deviendra facile de calculer de proche en proche, les intensités moyennes des forces dont il s'agit, et, par suite, la quantité de travail qui devra être livrée au récepteur dans chaque révolution ou chaque unité de temps, pour vaincre à la fois toutes les résistances réunies, et en supposant qu'on ait assuré convenablement la constance de son mouvement au moyen d'un nouveau volant, si cela est nécessaire.

Ainsi finalement, puisque la théorie des récepteurs et des moteurs est censée faite, on pourra déterminer, à son tour, la quantité de travail absolue que devra dépenser ce dernier dans l'unité de temps, ou dans chaque révolution de la machine, et il ne s'agira plus que de régler, en conséquence, son intensité d'action, ce qui se fera par des moyens analogues à ceux qui servent à régler le travail même de l'opérateur; par exemple, en levant convenablement la *vanne* qui donne l'eau à la roue hydraulique, le *robinet* qui fournit la vapeur aux cylindres des machines à feu, etc. Ces opérations sont encore ici exécutées par les hommes chargés du soin de la machine, et quelquefois on emploie des dispositions particulières pour que l'intensité de la force motrice suive naturellement les variations de la résistance, et maintienne la constance du mouvement : tel est plus particulièrement le *pendule conique* ou *régulateur à force centrifuge*.

On voit par cette discussion que, lorsque la quantité de travail à appliquer à l'outil est donnée, on peut déterminer la force absolue qui convient au moteur et la régler convenablement; mais cette recherche n'est utile que pour le projet même d'établissement de la machine; car, quand il s'agit de la faire marcher, et qu'elle est toute construite, on peut, par un tâtonnement facile, régler son travail et sa vitesse, en faisant varier la résistance utile ou l'intensité de la force motrice par les moyens indiqués. D'ailleurs si, à l'inverse, la quantité de travail absolue que peut fournir le moteur dans l'unité de temps était donnée, on s'y prendrait d'une manière absolument analogue pour déterminer, de proche en proche, la quantité de matière que peut et doit confectionner l'outil.

La solution du problème de l'établissement des machines que nous venons d'esquisser à la hâte n'est, comme on voit, qu'approchée; mais elle serait impossible par toute autre voie, attendu la multitude des indéterminées dont elle dépend, et elle est suffisamment exacte pour la pratique, où l'on ne saurait jamais prétendre à la rigueur mathématique, et où approcher, même d'une manière grossière, par exemple, à 1/5 ou à 1/4 près, du résultat le plus avantageux, c'est avoir atteint un degré de perfection aussi précieux qu'il est rare. Il n'arrive malheureusement que trop souvent, en effet, que l'ignorance des constructeurs de machines, si elle ne leur fait pas tout à fait manquer le but, les en éloigne de telle façon, que l'effet utile obtenu n'est pas le 1/5 et quelquefois même le 1/10 de celui qu'on aurait pu espérer d'une meilleure disposition. Au surplus, si nous insistons sur ce sujet, c'est pour faire sentir la difficulté et l'inutilité, quant à présent, d'une solution rigoureuse du problème des machines; c'est pour éviter l'idée de tentatives qui souvent seraient sans succès, et pour faire apprécier, d'une autre part, le mérite réel des connaissances basées sur les données certaines de la mécanique et de l'expérience; c'est enfin pour mettre à même d'entrevoir, à l'avance, la nature des ressources qu'il est permis d'espérer de chacune d'elles dans les divers cas.

On voit aussi, par tout ce qui a été dit jusqu'à présent des machines, qu'il ne peut être question de

leur faire produire les effets merveilleux qu'en attendent parfois des artistes peu instruits des lois de la mécanique et dominés par leur imagination. Soumises, comme elles le sont, d'après leur constitution nécessaire, à une foule de résistances passives, elles ne peuvent que transmettre, avec perte, le travail qu'on leur confie, et cela à tel point qu'on estime comme excellentes, sous ce rapport, celles qui rendent, en effet utile, les 0,50 ou les 0,60 de la quantité d'action absolue dépensée par le moteur. Il en existe effectivement, ainsi que nous l'avons déjà observé ci-dessus, un grand nombre qui, grâce à la multiplicité ridicule et à la fausse combinaison de leurs rouages, rendent à peine le 1/10 ou même le 1/20 de cette quantité d'action.

L'avantage des machines consiste essentiellement dans la propriété, bien autrement précieuse que celle de multiplier simplement la puissance du moteur, de modifier cette puissance selon les différents besoins des arts, et suivant des lois telles qu'elle devienne applicable à un genre de travail auquel elle ne pouvait l'être dans son état primitif. C'est ainsi que, par leur secours, on est parvenu à remplacer l'adresse et l'intelligence de l'homme par la force purement physique des animaux et autres agents naturels qui, étant beaucoup moins chère, fournit l'unité de travail à un prix moins élevé. Souvent même l'usage des machines et des outils procure des produits plus beaux, plus parfaits, parce qu'ils sont plus précis dans leur forme et plus réguliers. C'est encore ainsi qu'on parvient à obtenir des moteurs qu'ils impriment aux corps des vitesses plus grandes que celles qu'ils possèdent ou peuvent prendre par eux-mêmes, et qu'ils soulèvent des fardeaux dont le poids excède l'effort absolu dont ils sont capables; circonstances qui tiennent simplement à ce que la masse des corps, dans le premier cas, et leur vitesse, dans le second, sont fort petites, de sorte que les forces vives ou les quantités de travail correspondantes ont en elles-mêmes des valeurs assez faibles, et qui sont en rapport avec les quantités de travail développées par les moteurs. Enfin, l'emploi d'une machine peut servir quelquefois aussi à augmenter l'effet utile dont serait capable le moteur, s'il agissait immédiatement sur la résistance; ce qui ne contrarie en rien ce qu'on vient de dire, attendu que l'augmentation de l'effet résulte uniquement alors d'un emploi plus avantageux de la force absolue du moteur.

Tels sont donc les services réels que les machines peuvent rendre à la société et aux arts en général; mais, pour leur faire atteindre ce but important, il est indispensable, comme on l'a vu, de résoudre une foule de questions, même sous le point de vue purement mécanique, dont les unes sont relatives au travail des moteurs, les autres à la manière d'agir des outils des divers opérateurs, les autres enfin à l'évaluation des résistances passives, qui accompagnent nécessairement les pièces destinées à transmettre l'action et le mouvement.

MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE. Notre célèbre Ampère, dans son Essai sur la philosophie des sciences, a clairement indiqué la lacune que laissait dans l'édifice des sciences appliquées celle que nous appelons Mécanique géométrique et à laquelle il donna le nom de *cinématique* (du grec κινημα, mouvement). Dans cette science, les mouvements sont envisagés en eux-mêmes et du point de vue géométrique, indépendamment de la considération des forces qui doivent produire ces mouvements.

Tous les traités de mécanique industrielle parus jusqu'ici traitent de la mécanique dynamique, et surtout des moyens de communiquer le plus utilement possible à un récepteur la force vive engendrée par les agents physiques. Cette étude, la première et la plus indispensable de toutes, est néanmoins bien insuffisante pour l'étude des machines proprement dites, et, en arrivant dans les ateliers, après avoir acquis les connaissances théoriques que l'on puise dans les écoles, on est étonné de la difficulté qu'on rencontre à comprendre le mode d'action des nombreuses machines-outils qui vous entourent.

Entrez dans une filature : la roue hydraulique qui fait mouvoir les métiers est-elle établie dans les meilleures conditions possibles? travaille-t-elle de manière à donner le maximum d'effet utile? Ce sont des questions que résoudra la mécanique industrielle telle qu'on l'enseigne. Mais dans la filature proprement dite, aucun principe ne guide plus pour juger le travail des machines compliquées qui convertissent en tissu le duvet de coton ; et comme toutes les fois qu'une science est à faire, la pratique peut seule enseigner.

Il n'est pas douteux, cependant, que les habiles constructeurs de ces délicates machines n'aient des théories positives pour les guider, et entre deux moyens d'atteindre un même but, ne sachent fort bien choisir le meilleur. C'est cette science, celle du mécanicien dont Vaucanson, Jacquart, Arkwright, Watt, etc., ont fait de si belles applications qu'il est temps de formuler aujourd'hui en corps de doctrine.

Pour nous résumer, le but de la mécanique est double, et comme toute science qui traite de grandeurs, elle doit être envisagée au point de vue du nombre et au point de vue de la forme. La première partie qui traite du meilleur emploi possible de la force motrice, du maximum d'effet utile, de l'évaluation des résistances constitue la mécanique que nous appellerons *dynamique*. C'est celle si admirablement résumée dans le cours de M. Poncelet. La seconde partie traite de la direction du mouvement, de la forme et de la combinaison des organes destinés à produire un mouvement voulu, c'est ce que nous appellerons la mécanique *géométrique*. Autrefois les corps savants eux-mêmes, l'ancienne Académie des sciences, par exemple, ne considéraient la science mécanique qu'à ce point de vue, que les grands progrès du calcul de l'effet des machines n'eussent pas dû faire abandonner, car il s'agit de deux parties également utiles d'une même science.

Bien qu'aujourd'hui cette partie de la question soit assez négligée scientifiquement, on ne saurait cependant contester la haute importance de son étude. Chaque jour, par exemple, on entend vanter, avec juste raison, la sublime invention de Jacquart, mais tous ses admirateurs ont-ils bien apprécié le principe vraiment remarquable sur lequel repose cette belle invention ?

Le problème de l'établissement des machines au point de vue géométrique, est celui-ci : *étant déterminées, d'une part, la forme des récepteurs, la nature et la vitesse de leur mouvement* (de manière à obtenir le maximum d'effet utile, questions dont la physique et la mécanique industrielle fournissent les solutions), *et, d'autre part, la forme d'un outil qui doit opérer le travail utile par un mouvement également déterminé, quant à la direction et à la vitesse, par son mode d'action ; établir de la manière la plus avantageuse la communication du récepteur à l'outil.* Ainsi, l'outil étant une scie dont la manière d'opérer est connue, la scierie mécanique comprendra l'ensemble formé par le récepteur, l'outil et les organes transmettant la force du premier au dernier, dans des conditions convenables pour utiliser le travail de celui-ci.

Le seul travail important relatif à la mécanique géométrique considérée dans son ensemble que nous connaissions, est l'Essai sur la composition des machines, de MM. Lantz et Bétancourt. Ce travail, remarquable et qu'on s'est généralement contenté de copier dans les ouvrages parus depuis, est néanmoins fort incomplet et présente, en outre, deux défauts majeurs.

Le premier est de borner la composition des machines à la transformation des mouvements, ce qui est une

idée fausse et incomplète de la question. Les embrayages, le volant, les cartons de la Jacquart, etc., etc., sont certes, des organes de machines, sans être pour cela ni des organes de récepteurs, ni des organes de transformation de mouvements, ni des outils.

Le second est de confondre l'agent physique qui donne le mouvement avec la machine. A quoi peut-il servir de considérer la roue hydraulique comme un moyen de transformer un mouvement rectiligne en mouvement circulaire, parce que l'eau qui se mouvait en ligne droite vient tourner à la circonférence de la roue? L'eau est ici le moteur qu'on doit utiliser le mieux possible, cette condition seule détermine le mouvement qu'on lui fait prendre. Il n'en est pas de même des parties suivantes de la machine; ce n'est plus seulement l'économie de forces motrices qui est en jeu; mais avant tout, la nécessité d'obtenir les mouvements convenables de l'outil, en vue du travail à effectuer.

Enfin, le travail de MM. Lantz et Bétancourt a le défaut d'avoir vieilli, ayant été fait avant les grands progrès accomplis depuis 30 ans dans l'art de la construction des machines et d'avoir été conçu bien plus en vue de l'enseignement que de la pratique. Beaucoup des solutions directes pour transformer un mouvement en un autre, qui y sont détaillées, seraient rejetées par le mécanicien le moins avancé à cause de leurs imperfections et parce qu'on obtient le même résultat chaque jour dans les ateliers, au moyen de solutions moins directes, mais bien préférables sous tous les rapports.

Nous avons essayé, dans notre *Traité de Cinématique*, de ramener, sous forme scientifique, les ingénieuses combinaisons de nos mécaniciens. Comme nous l'avons dit dans l'INTRODUCTION, c'est par l'étude des organes que l'on peut arriver à l'intelligence complète des machines qui sont formées par des combinaisons plus ou moins complexes de ces organes. Quant à la notion qui rend cette étude possible en la limitant, elle consiste en ce que le dernier élément de tout organe d'une machine est nécessairement une machine simple: levier, tour ou plan; que, par suite, tout organe de transformation de mouvement ne consiste que dans un système qui permet l'action d'une machine simple sur une machine simple.

La mécanique géométrique se divise naturellement en quatre sections:

1° *Récepteurs.* Formes de leurs organes et nature du mouvement produit d'après le mode physique de l'action de la force motrice;

2° *Organes de communication, de transformation du mouvement d'une partie d'une machine à une autre partie;*

3° *Organes des machines servant à modifier le mouvement et à disposer les éléments dans un ordre déterminé;*

4° *Opérateurs.* Organes servant à surmonter les résistances, varient d'après la nature des résistances et le produit à obtenir.

PREMIÈRE SECTION.

Récepteurs.

L'étude des récepteurs, de la vitesse de leur mouvement forme l'application la plus intéressante de la mécanique dynamique, qui se propose surtout la solution du problème d'obtenir le maximum d'effet utile des moteurs. Nous n'avons ici qu'à passer en revue les divers récepteurs pour indiquer la forme de leurs organes et établir la nature de leur mouvement, point de départ de toute combinaison mécanique pour opérer un travail à l'aide des forces naturelles.

On peut diviser en quatre classes les moteurs qu'emploie l'industrie: 1° Moteurs animés. Force de l'homme, des animaux; 2° Pesanteur; 3° Vitesse acquise; 4° Chaleur et actions chimiques.

PREMIÈRE DIVISION. — Moteurs animés.

I. FORCE DE L'HOMME.

Le corps humain, dit Coulomb, composé de différentes parties flexibles, mues par un principe intelligent, se plie à une infinité de formes et de positions.

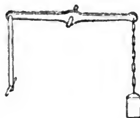
Considéré sous ce point de vue, c'est presque toujours la machine la plus commode que l'on puisse employer dans les mouvements composés qui demandent des nuances et des variations continues dans les degrés de pression, de vitesse et de direction.

L'homme, pouvant être considéré comme une machine parfaite, communiquant directement aux opérateurs le mouvement convenable, son étude ne fait pas, sous ce rapport, partie de la science des machines, considérée comme ayant pour but principal d'utiliser les forces naturelles essentiellement inintelligentes, à la production de produits précédemment obtenus par le travail de la main. Nous ne devons donc consigner ici que les moyens usités pour employer seulement la force musculaire de l'homme à produire un mouvement simple, quel que soit l'emploi qui doive en être fait.

ACTION PRODUITE AU MOYEN DE LA FORCE DES BRAS.

1° *Levier.* Organe principal parmi les moyens d'appliquer la force musculaire. Il peut être disposé dans un plan vertical ou horizontal ou dans des plans voisins de ces positions. On peut agir sur un levier isolé ou plusieurs leviers adaptés à un même arbre. Ces diverses dispositions, en ne prenant que les principales, donnent lieu aux divers cas suivants.

Dans un plan vertical.— Levier isolé. Agit par un mouvement circulaire alternatif (fig. 1507), par mouvement rectiligne alternatif combiné avec un transport du bras d'avant en arrière (fig 1508).

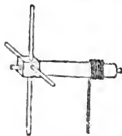


1507.



1508.

Leviers multiples. Par plusieurs leviers que l'on rechange successivement de main (fig. 1509), on produit le mouvement circulaire continu.

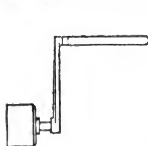


1509.

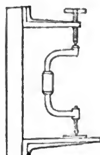
Dans un plan horizontal. Les mêmes dispositions que ci-dessus peuvent également servir à agir par la force musculaire des bras; ils pourraient, à la rigueur, être employés dans des plans quelconques.

2° *Manivelle. Levier coudé.* Au moyen de la manivelle (fig. 1510), l'homme agissant, en outre de l'action musculaire, par le poids de la partie supérieure de son corps à laquelle il imprime un mouvement de va-et-vient, condition avantageuse comme nous le verrons ci-après, produit un mouvement circulaire continu. Ce mouvement étant le plus convenable pour les machines, l'emploi de la manivelle est extrêmement fréquent. La fig. 1511 représente la manivelle dans un plan vertical employée dans quelques outils; moins avantageuse que la

première, parce qu'on ne la fait mouvoir que par action musculaire.

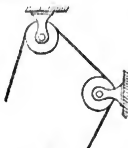


1510.



1511.

3° *Poulies et cordes.* Mouvement rectiligne continu (fig. 1512) ou alternatif (fig. 1513), en agissant par traction à la main.

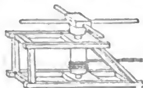


1512.



1513.

Action de traction et d'impulsion. Pour ces efforts, l'homme, s'appuyant sur le sol pour développer la force musculaire, qu'il transmet soit avec les bras, soit au moyen d'une corde adaptée aux épaules, et, s'aidant en penchant en avant la partie supérieure du corps, produit un mouvement rectiligne continu en se déplaçant, ou un mouvement circulaire continu par une action exercée à l'extrémité de leviers (fig. 1514).

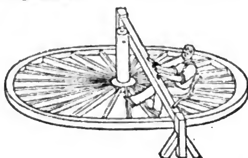


1514.

ACTION PRODUITE AU MOYEN DE LA FORCE MUSCULAIRE DES JAMBES.

A fatigue égale, dit M. Coriolis, au bout de la journée, l'homme produit plus de travail avec les muscles des jambes qu'avec ceux des bras, pourvu que la vitesse des mouvements se rapproche de celle qui a lieu dans la marche.

Dans ce travail, l'homme est assis ou debout, et l'action des jambes agissant sur les raies ou sur des marches placées sur la jante d'une roue, produit un mouvement circulaire continu. La fig. 1515 représente une de ces dispositions.



1515.

La roue du tour à potier, mue de la sorte, laisse à l'ouvrier la disposition de ses bras pour façonner les pieces.

La pédale (fig. 1516) est un moyen d'application du travail musculaire au pied pour engendrer un mouvement circulaire alternatif.



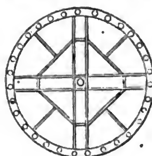
1516.

ACTION PRODUITE PAR LE POIDS DU CORPS.

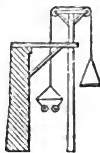
Des expériences de Coulomb, résulte ce fait remarquable, que la meilleure manière d'utiliser la force motrice de l'homme est d'employer le poids même du corps comme force motrice.

On obtient ce résultat au moyen de la roue à chevilles représentée fig. 1517. L'homme, grimpant sur les échelons, dont la circonférence de la roue est garnie, produit un mouvement circulaire continu de l'axe de la roue. Ce système est barbare par suite des accidents auxquels sont exposés les ouvriers qui le manœuvrent.

On a appliqué avec avantage le même système aux terrassements des fortifications, au moyen d'une poulie (fig. 1518) sur laquelle passe une corde munie à ses extrémités de deux plateaux, dont l'un porte le poids à monter, et l'autre l'homme. Celui-ci remonte au moyen des échelles pour donner un mouvement rectiligne d'ascension à un nouveau poids en descendant sur le plateau. On a proposé d'utiliser la force des hommes grimpant apres une des cordes formant une chaîne sans fin pour donner un mouvement circulaire continu à l'axe de la poulie ; mais on doit rejeter ces dispositions dangereuses.



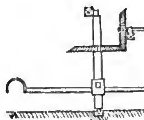
1517.



1518.

II. FORCE DES ANIMAUX.

La force motrice des animaux est utilisée au moyen du manége (fig. 1519). L'animal, attelé après une barre, tournant autour de l'axe, développe sa force par traction, et produit ainsi un mouvement circulaire continu.



1519.

Quelques essais faits pour utiliser la force des animaux au moyen de leur poids, ou par l'action de leurs pieds sur des espèces de roues à marcher, par des dispositions analogues à celles employées pour utiliser la force intelligente de l'homme et produire ainsi un mouvement circulaire continu, n'ont jamais été adoptés dans la pratique. Le manége est préférable sous tous les rapports.

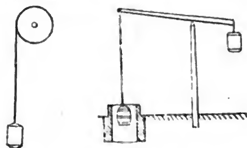
DEUXIÈME DIVISION. — Pesanteur.

PESANTEUR DES CORPS SOLIDES.

Les corps solides ne peuvent être une source de force motrice que dans une limite fort restreinte, puis

qu'il faut nécessairement remonter bientôt le poids descendu et opérer par l'action d'une autre force un travail égal à celui de la pesanteur pour le replacer à la première position. Aussi, emploie-t-on le plus souvent le poids des corps solides comme contre-poids pour assurer le retour d'une pièce dans une première position quand la force qui l'en déplaçait cesse d'agir.

La fig. 1520 représente le mode employé dans les horloges pour obtenir, au moyen d'un poids, un mouvement circulaire continu. La fig. 1521 représente une disposition de contre-poids agissant autour d'un levier



1520. 1521.

et produisant un mouvement circulaire alternatif. En agissant par l'intermédiaire des cordes, il produit un mouvement rectiligne alternatif.

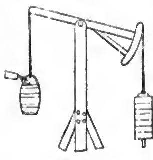
PESANTEUR DES LIQUIDES.

La pesanteur des liquides passant d'un niveau plus élevé à un niveau inférieur est une des plus abondantes sources de force qui se rencontre dans la nature. L'eau s'écoulant naturellement après avoir passé sur le récepteur, pour peu qu'il reste de chute pour déterminer le mouvement, en rend l'emploi facile.

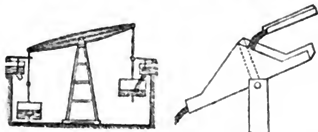
Il faut remarquer que l'abondante source de travail mécanique que fournit la pesanteur des liquides a pour origine première la cause plus générale dont nous parlons ci-après, la chaleur. C'est celle-ci qui, évaporant l'eau, la fait remonter sous forme de nuages, dans les parties supérieures de l'atmosphère, d'où elle retombe, sous forme de neige ou de pluie sur les parties élevées, pour de là s'écouler vers les parties plus basses du sol.

Passons en revue les principaux organes qui servent à utiliser l'action de la pesanteur de l'eau :

1° *Caisses et soupapes.* L'eau reçue dans une caisse sert comme contre-poids dans la balance hydraulique pour élever les charges dans les mines, au moyen de tonnes qui reçoivent l'eau (fig. 1522).



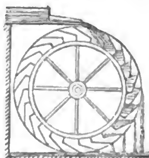
1522.



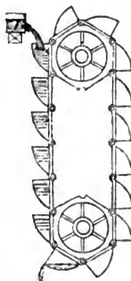
1523. 1524.

Si l'eau placée à un niveau élevé est reçue dans une caisse suspendue à l'extrémité d'un balancier, celui-ci s'inclinera par la descente de la caisse. Arrivée sur le sol, une soupape placée au fond de la caisse s'ouvrant, et pendant ce temps une caisse placée à l'autre extrémité du balancier recevant l'eau, il résultera de la répétition d'opérations semblables de cet appareil dit balancier hydraulique (fig. 1523), un mouvement circulaire alternatif produit par le poids de l'eau. La figure 1524 représente le balancier de Perrault, type primitif de ce genre de machine.

2° *Augets.* Des augets disposés à la circonférence d'une roue produisent un mouvement circulaire continu, dont la vitesse doit être la moindre possible pour obtenir le maximum d'effet utile (fig. 1525). On a quelquefois disposé les godets (fig. 1526) le long d'une chaîne qui transmet le mouvement circulaire continu à l'arbre qui la supporte. Les oscillations de la chaîne qui font verser l'eau des godets, et sa destruction rapide empêchent de se servir de cet organe pour les grandes chutes pour lesquelles, à priori, il paraît convenable.

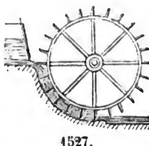


1525.



1526.

3° *Palettes emboîtées.* Si l'on adapte à la circonférence d'une roue des palettes droites qui se meuvent dans un coursier les emboîtant dans tous les sens aussi exactement que possible (fig. 1527), l'eau ne peut s'écouler qu'en pressant de son poids les palettes et produisant un mouvement circulaire continu de l'axe de cette roue, dite roue de côté.

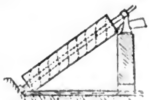


1527.

4° *Plan incliné.* Si on laisse écouler un liquide sur un plan incliné, il en résultera une pression pouvant faire avancer ce plan, s'il est mobile.

On peut utiliser cette propriété.

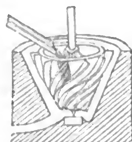
1° En enroulant ce plan incliné autour d'un axe et faisant écouler l'eau du haut en bas, de manière à obtenir une vis d'Archimède agissant inversement (figure 1528), d'où résultera un mouvement circulaire continu.



1528.

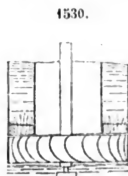
2° En disposant des plans inclinés ou des courbes à une certaine distance d'un axe avec lequel ils sont reliés. Telle est la disposition des anciennes roues à poires (fig. 1529) et celle de la turbine Burdin (fig. 1530 et 1531). Dans cette turbine, l'eau arrivant dans une couronne placée à la partie supérieure

descend le long de plans inclinés et sort sans vitesse absolue dans une direction opposée à celle du mouvement

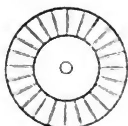


1529.

1530.

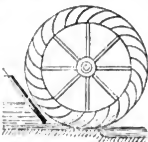


de la turbine en produisant un mouvement circulaire continu de l'axe disposé verticalement ; condition avantageuse dans certains cas, notamment pour les moulins à blé.



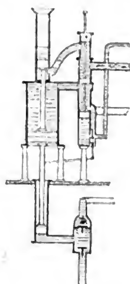
1531.

5° *Aubes courbes* (roue verticale à). M. Poncelet, en recourbant les aubes de roues libres dans un coursier et recevant l'eau qui s'échappe d'une retenue d'eau, a fourni le moyen de transformer l'action du choc de l'eau sur les aubes plates (dont nous parlerons ci-après) en une action de pesanteur sur les aubes courbes. En effet (figure 1532), l'eau s'élevant sans choc sur la palette courbe en vertu de sa vitesse, redescend ensuite par la pesanteur en faisant tourner la roue qui, aux avantages des roues mues sans choc, réunit celui propre aux roues à aubes droites, de se mouvoir avec une vitesse de maximum d'effet utile, égale à la moitié de la vitesse de l'eau.



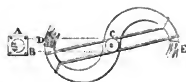
1532.

6° *Corps de pompe et piston*. Si l'on amène l'eau dans un corps de pompe dans lequel glisse un piston, la tige descendra. Si, quand celui-ci est arrivé à la partie inférieure on met en communication l'autre face du piston avec le réservoir, et qu'on fasse écouler l'eau de la partie supérieure, on donnera à la tige du piston un mouvement rectiligne alternatif. On appelle machine à colonne d'eau (fig. 1533) la machine dans laquelle la pression d'eau est ainsi utilisée d'une manière fort convenable pour les fortes chutes.



1533.

7° *Réaction*. On obtient encore un mouvement circulaire continu d'un axe vertical en employant la réaction résultant du poids de l'eau contre les parois opposées aux orifices de sortie, ainsi que le représente la figure 1534.



1534.

TROISIÈME DIVISION. — Vitesse acquise.

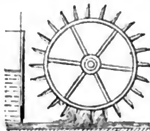
SOLIDES

Les corps solides ne se rencontrant pas à l'état de mouvement, ne pouvant y être amenés que par une dépense de travail, et ne pouvant le communiquer qu'avec une perte de force vive considérable par suite des chocs, on n'a jamais employé de véritables récepteurs mis en mouvement par des corps solides animés d'une certaine vitesse.

LIQUIDES.

Les liquides se rencontrent dans la nature animés d'une certaine vitesse, provenant : de la pente du lit dans les rivières, ou quand ils sortent par la partie inférieure d'un réservoir dans lequel ils se trouvent retenus à un niveau plus élevé que celui du bief inférieur, de la pression due à la pesanteur. Dans ce cas, l'eau agit souvent en même temps et par sa pesanteur et par son choc.

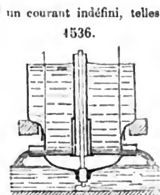
Palettes plates (roues à). En faisant plonger dans le courant les palettes d'une roue, le choc de l'eau fait tourner celles-ci en produisant un mouvement circulaire continu (fig. 1535) dont la vitesse doit être moitié de celle de l'eau pour le maximum d'effet utile. Ces roues prennent le nom de roues pendantes quand elles plongent dans un courant indéfini, telles sont celles qui mettent en mouvement les meules des moulins, dits *moulins à nef* construits sur les bateaux placés sur les rivières.

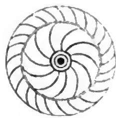


1535.

Palettes courbes verticales. On emploie dans le Midi le choc de l'eau sur des aubes creuses de roues horizontales analogues à celles représentées figure 1529, communiquant immédiatement à la meule supérieure des moulins qu'elles doivent faire mouvoir, un mouvement circulaire continu d'une rapidité suffisante.

1536.





1537.

Palettes courbes verticales des turbines Fourneyron. Dans ce système (fig. 1536 et 1537), on évite le choc à l'entrée de l'eau, qui a lieu dans le système précédent, en faisant agir celle-ci sur des aubes courbes.

renfermées dans une couronne mobile, et se raccordant à des aubes fixes qui guident la sortie de l'eau. Celle-ci agit sans choc sur la palette, lui communique par l'effet de la force centrifuge la vitesse dont elle est animée, pour sortir sans vitesse à la circonférence.

Ce récepteur, qui donne un mouvement circulaire continu à un axe vertical, est très avantageux et fréquemment employé aujourd'hui. Il offre l'avantage sur la turbine Burdin, décrite plus haut, de ne pas charger autant le pivot qui ne supporte pas le poids d'une colonne d'eau correspondante à toute la hauteur de la chute. Il jouit de l'importante propriété d'agir convenablement, même immergé complétement, pourvu que la prise d'eau soit à un niveau supérieur à celui de l'eau au milieu de laquelle l'écoulement a lieu.

Tuyau et soupape. — Bélier hydraulique. Une colonne d'eau étant en mouvement dans un tuyau horizontal et s'écoulant à travers une ouverture circulaire, au-dessous de cette ouverture se trouve placée une soupape pouvant la fermer, le courant d'eau le soulevant arrêtera brusquement l'écoulement. La force vive du liquide ne pouvant être amortie brusquement causera un choc qui soulèvera un clapet disposé près de la soupape et élèvera de l'eau dans la colonne fermée par ce clapet. Puis la vitesse étant amortie, la soupape retombera, l'écoulement reprendra la première voie, et le même effet recommencera. Tel est le bélier de Montgolfier (fig. 1538), qui est à la fois récepteur et opérateur, appliqué à l'élévation de l'eau. On pourrait théoriquement au moins, au lieu de la colonne ascendante du liquide, supposer un piston et obtenir du bélier le mouvement rectiligne alternatif d'une tige de piston.

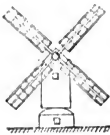
1538.

N'ayant ici qu'à déterminer la nature des mouvements des récepteurs et la forme des organes qui permettent d'utiliser l'action du moteur, nous n'avons pas à traiter la question du maximum d'effet utile des divers systèmes de récepteurs hydrauliques. Nous poserons seulement ici le principe qui est la conséquence des considérations dynamiques, c'est qu'un récepteur hydraulique n'est parfait qu'autant que l'eau entre sans choc, agit sans choc et sort sans vitesse, ayant par suite communiqué au récepteur toute la quantité de travail qu'elle pouvait produire.

AIR.

Voiles. — Moulins à vent. L'air en mouvement peut communiquer la force vive dont il est animé aux organes mobiles qu'il rencontre. Ce sont toujours les voiles qu'on emploie à cet effet, à cause de la facilité avec laquelle on augmente ou on diminue la surface agissante. Les voiles sont le moyen direct d'impulsion des navires pour leur faire surmonter la résistance qu'oppose l'inertie du liquide sur lequel ils flottent.

Le vent sert encore de moteur aux moulins. On a quelquefois tenté de disposer horizontalement les voiles destinées à utiliser la force du vent autour d'un axe vertical, en cherchant à éviter l'égalité d'action qui tend à se produire dans les deux sens, soit au moyen de paravents, soit en faisant varier la surface des voiles des deux côtés de l'axe par divers dispositifs. Ces essais n'ont jamais présenté des résultats pratiques, et le seul système employé est toujours celui des voiles placées dans un plan presque vertical (fig. 1539); le châssis portant la toile est formé d'une surface gauche dont les génératrices sont inclinées dans le même sens, et les ailes étant amenées par la rotation de tout le système dans un plan perpendiculaire à la direction du vent, donnent à l'axe perpendiculaire au plan des quatre ailes un mouvement circulaire continu par suite de l'action oblique produite sur chaque aile par le vent.



1539.

Moteurs secondaires.

Pression atmosphérique. La pression atmosphérique agit comme un contre-poids exerçant son action en tous sens pour rentrer partout où le vide est opéré. Elle est ainsi une source de force motrice secondaire en restituant la force dépensée pour faire le vide par les moyens que nous indiquons à la quatrième partie. Son emploi est donc correspondant aux moyens de faire le vide qui constituent le travail initial.

Ressorts. Les ressorts accumulant du travail quand on les tend, et le rendant quand on les laisse se détendre, constituent un organe de mouvement secondaire fréquemment employé dans les petites machines, les montres, les horloges, les automates, etc. La disposition la plus générale est celle d'un ressort roulé sur lui-même en spirale (fig. 1540), qui se bande au moyen d'une clef à levier entrant dans un carré placé à son centre et qu'une roue à rochet empêche de se détourner.



1540.

En se déroulant le ressort fait mouvoir d'un mouvement circulaire continu un cylindre, dit barillet, avec lequel il est assemblé, et dont la circonférence dentée communique le mouvement à une roue d'engrenage.

QUATRIÈME DIVISION. — Chaleur.

Nous avons exposé dans l'INTRODUCTION et surtout à l'article CALORIE les principes qui devaient présider à l'emploi de la chaleur pour produire un travail mécanique; nous n'avons plus qu'à nous occuper de la forme des récepteurs.

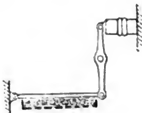
Solides. Les solides ayant une force de cohésion que le calorique détruit en partie, avant de produire un effet sensible, il y a d'abord une partie de travail annulé par cette cause, mais cette quantité est restituée lorsque, par le refroidissement, le corps revient à son état primitif. La physique ne fournit pas les données suffisantes pour calculer les effets dus à la dilatation des solides. On connaît seulement l'étendue des dilatations, mais non l'effort qu'elles peuvent produire. Chacun connaît l'application faite par Molard pour redresser les murs du Conservatoire, exemple qui, ainsi que nombre de faits, prouve que la force ainsi engendrée est considérable si le chemin parcouru est petit. Des expériences bien faites, consistant à mesurer le poids qu'une barre de fer pourrait soulever par son refroidissement, confirmeraient le principe posé.

Les faibles mouvements, produits par la dilatation des corps solides, rendent leur emploi presque impossible pour l'établissement de machines pouvant les utiliser.

Il faudrait employer des mécanismes compliqués, des pièces d'une grande force pour transmettre des pressions énormes, etc. Le seul moyen tenté quelquefois, et qui n'a guère été employé que dans des appareils régulateurs qu'on peut considérer comme employés à produire une pression, consiste (fig. 1541) à faire di-

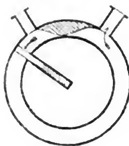
later et refroidir successivement une barre de fer dont l'extrémité produit un mouvement rectiligne alternatif.

Liquides. Tous les inconvénients que nous venons d'énumérer pour les solides se rencontreraient dans l'emploi des liquides; la question de leur puissance motrice, que les données de la physique ne permettent pas de résoudre complétement, n'offre que peu d'intérêt au point de vue de l'application. On pourrait, théoriquement, utiliser la force expansive des liquides en ajustant, sur la surface de l'enveloppe qui les renferme, des corps de pompe contenant des pistons dont la tige prendrait par les échauffements et refroidissements successifs un mouvement rectiligne alternatif.

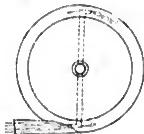

1541.

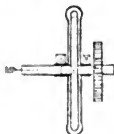
Vapeurs et gaz. Les seuls appareils à noter ici sont ceux qui se rapportent à l'emploi de la vapeur d'eau, la seule réellement employée dans l'industrie. Remarquons toutefois que les gaz permanents, l'air, par exemple, offrant l'avantage de pouvoir produire un travail à une température très peu supérieure à la température ordinaire, il en résulte la possibilité d'employer des sources de chaleur donnant une température peu élevée, avantage purement théorique jusqu'à ce jour. Les appareils qui permettent d'utiliser le travail des gaz échauffés sont en tous les cas les mêmes que ceux pouvant servir pour la vapeur d'eau. Nous allons les passer en revue en commençant par quelques-uns de ceux qui sont restés à l'état de projets, et n'ont pu rivaliser jusqu'à ce jour avec la machine à corps de pompe et piston, que nous donnerons en dernier.

Machines rotatives. On a essayé souvent, et jusqu'ici sans succès, d'obtenir directement le mouvement circulaire continu en disposant le piston dans une couronne cylindrique, et établissant par des pièces mobiles la séparation du condenseur à la chaudière. Tel est le système (fig. 1542). Aucun système de ce genre n'a encore produit de bons résultats. Les frottements, les fuites, etc., ont toujours bien plus que compensé les avantages résultant du mouvement circulaire directement obtenu.


1542.

Machines à réaction. La plus ancienne machine de ce genre est l'éolypile, dans lequel la vapeur produit le mouvement circulaire continu par sa réaction en s'écoulant. Les fig. 1543 et 1544 représentent un système analogue exécuté en Amérique.

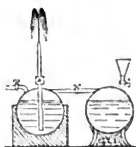

1543.

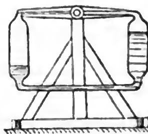

1544.

Mais pour que de semblables machines travaillassent dans les conditions de maximum, pour ne pas dépenser inutilement leur vapeur, il faudrait que la vitesse à la sortie fût égale à celle de la vapeur. Or cette vitesse est tellement considérable que les matériaux composant l'arbre s'échauffent, grippent et cessent de fonctionner immédiatement. De plus, la pression de la vapeur sortant par de petits orifices n'est pas suffisante pour surpasser la résistance de l'air et celle due aux frottements des tourillons; et si l'orifice de sortie est large comme il faudrait le faire pour faire des machines de cette nature d'une force quelque peu considérable, l'utilisation de la force expansive de la vapeur est loin d'être complète, et le courant de vapeur à l'état dynamique n'exerce pas toute la contre-pression qui s'exerce à l'état statique.

Élévation d'un liquide. On a quelquefois proposé de revenir à la première invention de la machine à vapeur appliquée à élever l'eau (fig. 1545), et d'employer la force expansive de la vapeur, ou le vide formé par des explosions, à élever l'eau ou quelque liquide ne produisant pas de condensation, le mercure, par exemple, et de recevoir ensuite ce liquide sur une roue hydraulique pour produire un mouvement circulaire continu.

De semblables systèmes, qui consistent dans l'emploi de deux récepteurs où les pertes d'effet utile de chacun se multiplient, donneraient des résultats extrêmement désavantageux.


1545.


1546

On peut utiliser la force de la vapeur à construire un appareil analogue au balancier hydraulique, en se servant de la pression de la vapeur pour faire passer successivement le liquide d'une caisse dans l'autre (figure 1546), et faire ainsi produire par son poids un mouvement circulaire alternatif. Cet appareil, entre autres défauts, a celui capital de ne pas permettre d'utiliser la détente de la vapeur.

Corps de pompe et piston (figure 1547). Cet organe représente le seul système admis aujourd'hui pour utiliser la force expansive de la vapeur. Les détails, dans lesquels nous entrons à l'article MACHINE A VAPEUR, nous dispensent de le décrire ici, tant pour la machine à simple effet que pour celle à double effet. Les vitesses de la tige du piston varient en général de 0m,90 par seconde pour les petites machines, à 1m,30 pour les fortes machines de 60 chevaux et au-dessus.

1547.

Dans les locomotives et dans quelques machines nouvelles imitées des locomotives, on donne au piston des vitesses bien plus considérables.

DEUXIÈME SECTION.

Organes de communication du mouvement d'une partie de machine à une autre, pour obtenir celui-ci dans une direction et avec une vitesse déterminées.

Avant de parler des organes de communication, nous ferons observer que, bien que nous devions dans ce travail considérer les organes des machines au point de vue géométrique, il est cependant sous-entendu que ceux-ci doivent satisfaire, autant que possible, aux conditions dynamiques, et que de deux solutions, la plus directe n'est préférable qu'autant qu'elle y satisfait aussi complétement que la plus compliquée.

Les principales conditions à remplir sont :

1° D'agir avec le moindre frottement ;

2° D'agir avec le plus de régularité possible, et par suite de ne pas mettre en jeu des forces d'inertie, qui doivent être successivement détruites à chaque période de la machine.

Le mouvement d'une partie de machine, quant à sa forme, peut être rectiligne, circulaire ou curviligne suivant une courbe quelconque.

Quant à sa direction, il peut se continuer toujours dans le même sens, être continu, ou se produire successivement d'avant en arrière et d'arrière en avant, être alternatif. Le mouvement d'une partie de machine étant limité, est nécessairement périodique quand il n'est pas continu ; le mouvement rectiligne, essentiellement alternatif dans les machines, ne peut être considéré comme continu que dans une partie de son mouvement ou dans quelques cas particuliers, dans des machines soumises à des alternatives de mouvement et de repos, le treuil, par exemple.

Dans les machines proprement dites, le mouvement rectiligne étant généralement alternatif, doit, autant que possible, être remplacé par le mouvement circulaire continu ; celui-ci, en effet, évite les destructions de travail qui résultent des changements de direction des mouvements alternatifs.

De la propriété du mouvement circulaire continu d'être au point de vue dynamique le mouvement par excellence, tant par la raison énoncée ci-dessus que par la régularité du mouvement, à laquelle contribuent toutes les pièces faisant action de volant ; et du peu de résistance des frottements des axes maintenus dans des coussinets, en comparaison de l'importance des frottements engendrés par les guides des parties qui doivent se mouvoir en ligne droite : on doit conclure que le mouvement circulaire, et surtout le mouvement circulaire continu, est d'une importance supérieure à celle de tous les autres.

On peut établir comme principe, qui ne sera pas contesté par les personnes qui ont étudié les machines, que le problème général de la transformation d'un mouvement quelconque en un autre, se réduit à la transformation d'un mouvement circulaire continu en un mouvement quelconque. Les organes qui constituent les solutions tant directes que réciproques de ce problème, comme il sera facile de voir par ce qui va suivre, comprennent presque tous ceux employés généralement dans les machines bien construites. MM. Lantz et Bétancourt, qui ont cherché à résoudre le problème d'un point de vue inutilement plus complet et tout théorique, sont obligés de décrire une foule de solutions imparfaites qu'on ne rencontrera jamais dans de véritables machines, ou qu'on aurait grand soin de remplacer par d'autres, afin d'éviter les chocs et les frottements auxquels elles donneraient lieu.

D'après cela, nous commencerons par les transformations du mouvement circulaire continu en une autre quelconque. Les solutions pouvant généralement produire les solutions inverses, fourniront presque toutes les transformations réellement usitées ; car tout mouvement produit se transforme, en général, en mouvement circulaire continu, pour fournir ensuite à l'outil le mouvement convenable par une nouvelle transformation de ce mouvement circulaire.

Nous étudierons les transformations de mouvement dans l'ordre indiqué par le tableau suivant :

TABLEAU DES TRANSFORMATIONS DE MOUVEMENT.

Mouvement circulaire continu en	**1. Circul. continu.**			
	2. Circul. alter. en	**5. Circul. alternat.**		
		6. Rect. continu en	**8. Rectil. continu.**	
			9. Rectil. alter. en	**10. Rectil. altern.**
		7. Rectil. alternat.		
	3. Rectil. continu.			
	4. Rectil. alternat.			

Mouvement continu ou alternatif, d'après une courbe donnée en mouvement quelconque et réciproquement.

Les solutions qui suivent doivent pouvoir s'étendre à toutes les variations possibles de vitesse (toujours inverses des forces pour une même quantité de travail), et aussi de position dans divers plans.

1. Mouvement circulaire continu en circulaire continu.

1° AXES SUR LA MÊME LIGNE.

Si les axes d'un récepteur et d'un outil peuvent être placés sur la même ligne, la communication a lieu directement en montant les deux parties sur le même axe. Les rapports de vitesse quelconque sont obtenus directement en faisant agir l'outil au point convenable d'un plateau monté sur l'arbre, et d'un diamètre convenable.

2° AXES PARALLÈLES.

Rouleaux. Si l'on divise la distance qui sépare les deux axes en deux parties, qui soient en raison inverse des vitesses que l'on veut donner aux deux axes, et, qu'avec ces rayons, on construise deux surfaces cylindriques, ces deux surfaces étant en contact mèneront (en supposant le frottement suffisant) les deux axes avec la vitesse voulue. En effet, les longueurs des circonférences, passant au point de contact, étant égales, si on appelle w, w', les vitesses angulaires, R, R' les rayons, on aura $Rw = R'w'$, ou $w : w' :: R' : R$, c'est-à-dire que les vitesses angulaires des arbres sont en rapport inverse des rayons. Pour éviter le frottement de glissement, on garnit les circonférences de peau de buffle, mais ce système ne peut servir qu'à transmettre des forces minimes entre des axes rapprochés ; pour les autres cas il faut passer aux systèmes suivants.

Courroies. Les courroies forment un excellent organe de transmission quand les axes sont éloignés, et les résistances peu considérables. On fixe sur les axes des tambours ou poulies, sur lesquels s'enroule une corde,

ou mieux une courroie de cuir; dans ce cas, la circonférence de la poulie, au lieu d'être creusée en gorge, est bombée, forme qui empêche la courroie d'abandonner la poulie. Quand la tension est suffisante pour déterminer un frottement supérieur à la résistance à vaincre, le mouvement a lieu sans glissement, et les vitesses seront, en raison inverse, des diamètres des tambours, puisque des longueurs égales de courroie se dérouleront dans le même temps sur chaque poulie. On obtiendra donc toutes les variations voulues de vitesse en faisant varier les diamètres des poulies. On emploie généralement à cet effet la disposition indiquée dans la fig. 1550, qui permet de faire varier les vitesses dans un rapport très étendu.

Si la variation de vitesse doit être continue, on remplace un des tambours par une surface conique, le long de laquelle la courroie s'avance par l'effet d'une griffe qui la pousse latéralement.

Quand le mouvement circulaire continu à obtenir doit être de direction contraire à celle du premier, on croise la courroie entre les deux tambours (fig. 1551). L'arc enveloppant étant plus grand, la courroie peut transmettre de plus grandes forces.

Les courroies sont un précieux organe de transmission, parce qu'elles causent peu de résistances nuisibles; que, si elles ne peuvent transmettre que des forces peu considérables, elles peuvent le faire avec de grandes vitesses, et par suite, opérer un travail utile important; enfin, que si la résistance croît par accident, la communication s'arrête, la courroie glissant alors sur son tambour, sans qu'aucun organe soit détruit.

Une courroie de communication de mouvement se compose de deux *brins* : le *brin conducteur* qui se déroule du tambour moteur pour s'enrouler autour de celui auquel le mouvement est communiqué; et le *brin conduit*, qui, du second tambour, revient rejoindre le premier. La tension du premier brin dépasse nécessairement celle du second, si ce n'est dans le cas de l'équilibre où la courroie est partout également tendue. La somme des tensions des deux brins est constante, même lorsque l'appareil est en mouvement.

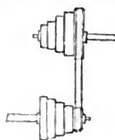
Nous empruntons à M. Morin la table suivante, qui sert à déterminer les dimensions des courroies; T, étant la tension du brin conducteur; t, la tension du brin conduit $T - t = Q$, l'effort transmis; K, le rapport de T à t, ou $K = \frac{T}{t}$, $T = Kt$; la table suivante comprend les valeurs de K.

Rapport de l'arc embrassé à la circonfér. entière	Valeur du rapport K.					
	Courroies neuves s. tamb. en bois.	Courroies à l'état ordinaire.		Courroies humides sur poulies en fonte.	Cordes sur tambours ou treuils en bois.	
		s. tamb. en bois.	s. poul. en font.		Bruts.	Polis
0,20	1,87	1,80	1,42	1,61	1,87	1,51
0,30	2,57	2,43	1,69	2,05	2,57	1,86
0,40	3,51	3,26	2,02	2,60	3,51	2,2[illegible]
0,50	4,81	4,38	2,41	3,30	4,81	2,82
0,60	6,59	5,88	2,87	4,19	6,58	3,47
0,70	9 »	7,90	3,43	5,32	9,01	4,27
0,80	12,34	10,62	4,09	6,75	12,34	5,25
0,90	16, 0	14,27	4,87	8,57	16,90	6,46
1 »	23,14	19,16	5,81	10,89	23,90	7,9[illegible]
1,50	»	»	»	»	111,31	22,42
2 »	»	»	»	»	535,47	63,23
2,50	»	»	»	»	2575,80	178,52

Cette table rend bien compte de l'emploi fréquent, surtout dans la navigation, du frottement des cordes pour arrêter le mouvement, en montrant la valeur considérable du rapport K, quand on rend considérable la longueur de corde enroulée.

Pour établir une transmission de mouvement par une courroie, connaissant l'effort Q à transmettre on aura $T - t = Q$ ou $t\,(K - 1) = Q$, d'où $t = \frac{Q}{K-1}$ d'où on déduira la valeur de t et T. En leur donnant une valeur supérieure de $1/10^{e}$ pour se préserver des extensions des cordes et courroies, on sera certain d'éviter tout glissement.

La table ci-dessus montre que l'on peut conduire par des courroies des forces assez considérables en augmentant l'arc enveloppant. La largeur de celle-ci n'a, au contraire, aucune influence sur la résistance au glissement, et il n'y a aucun avantage à rendre cette dimension supérieure à celle qui est nécessaire pour que la courroie puisse résister aux efforts de traction qu'on peut évaluer à $0^{k},25$, par millimètre carré de section.



1550.



1551.

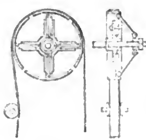
Quand la tension des poulies est insuffisante pour déterminer le mouvement, on emploie quelquefois un rouleau de tension (fig. 1552), qui détermine une pression convenable. Cette disposition peut permettre aux poulies de varier dans leur écartement (dans des limites déterminées par l'inflexion de la courroie) sans que leur mouvement de rotation cesse, la corde ne faisant que se tendre et relever le poids qui cause toujours un frottement suffisant pour déterminer le mouvement.



1552.

Le déplacement de la poulie de tension peut encore être mis à profit pour faire varier les vitesses relatives des deux axes en faisant varier le diamètre d'une des poulies. Cet organe, dit poulie à expansion, est employé dans quelques cas où la vitesse de l'opération doit être déterminée avec une rigoureuse précision, comme par exemple dans les machines à fabriquer le papier pour enrouler la feuille sortant de la machine.

Les fig. 1553, 1554, 1555 et 1556, représentent deux exemples choisis parmi les nombreux appareils de cette nature. On voit que, dans ces deux cas, en faisant tour-









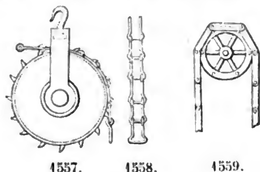
1553. 1554. 1555. 1556.

ner l'écrou à vis ou la roue dentée, montée sur l'arbre de la poulie, on agit soit sur les crémaillères, soit sur les articulations du système, et on fait ainsi varier le diamètre de la poulie conduite dont la surface est composée d'éléments disjoints. Le rouleau de tension déterminant toujours un frottement suffisant pour éviter le glissement, il est clair que la vitesse de l'axe mené par la roue à expansion variera en raison inverse du rayon de la poulie.

Chaînes à la Vaucanson. Quand les forces à transmettre sont assez considérables, la vitesse minime et les axes éloignés, on remplace les tambours par des roues portant des saillies. Les deux roues sont réunies par une chaîne sans fin, formée habituellement de petits rectangles entrelacés (fig. 1557 et 1558) dans lesquels entrent les dents des roues. Une de celles-ci ne peut se mouvoir sans entraîner l'autre. Ce système, qui engendre beaucoup de frottements, n'est pas ordinairement employé dans les parties des machines qui sont toujours en mouvement.

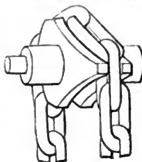
Quand elle doit servir à transmettre des efforts considérables, la chaîne de Vaucanson n'est plus retenue sur l'arbre au moyen de dents. On fait celui-ci polygonal, et on compose la chaîne de plaques boulonnées de longueur égale aux côtés du polygone (fig. 1559).

Cette disposition usitée pour les chaînes sans fin du banc à tirer, ne pourrait servir pour soulever les far-



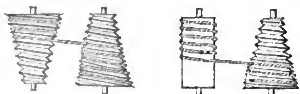
1557. 1558. 1559.

deaux, au moyen du treuil ou du cabestan, puisqu'il faut alors employer des chaînes qui puissent s'infléchir dans tous les sens. Les chaînes à mailles du commerce offrent bien cet avantage, mais elles se rangent difficilement sur la surface du cylindre d'un treuil, de manière à engrener en quelque sorte. M. Neveu a fort heureusement résolu ce problème par l'emploi d'un treuil dont la circonférence peut recevoir trois chaînons à plat (fig. 1560), et dont les parties plus resserrées peuvent recevoir trois chaînons de côté. La chaîne n'ayant pas besoin de s'enrouler plus d'un tour à cause du véritable engrenage qui résulte de cette disposition, et son autre extrémité étant pendante, elle s'enroule toujours régulièrement; ce qui n'a pas lieu sur les surfaces où les tours de la chaîne s'ajoutent de telle sorte que les saillies des maillons ne correspondent bientôt plus aux vides destinés à les recevoir, par l'effet des irrégularités de la chaîne qui vont en s'accumulant.



1560.

Si les vitesses, au lieu d'être assujetties à demeurer constantes et dans un rapport déterminé (en raison inverse des diamètres des tambours) doivent varier en chaque instant suivant une loi donnée, on transmet le mouvement par deux troncs de cône cannelés en spirale, placés dans des positions inverses (fig. 1561), ou un tronc de cône et un cylindre (fig. 1562). Une chaîne enroulée sur le cône se déroulant de celui-ci pour s'enrouler sur l'autre, produira un mouvement dont la vitesse angulaire variera en raison du tracé des spirales.

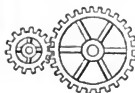


1561. 1562.

Cet organe est employé dans les montres pour égaliser l'action du ressort qui se détend.

ENGRENAGES. Le moyen le plus usité de communiquer le mouvement circulaire d'un axe à un autre avec la condition que les vitesses soient dans un rapport déterminé, consiste à garnir les circonférences de roues tangentes entre elles, montées sur ces axes, de saillies qui s'engagent les unes dans les intervalles des autres, et rendent ainsi le mouvement d'une des pièces solidaire de celui de l'autre. Ce dispositif constitue l'engrenage (fig. 1563).

La longueur des arcs de cercle passant au point de contact sera nécessairement égale dans les deux roues ; les vitesses seront donc entre elles dans le même rapport que les rayons de ces roues, et par suite dans un rapport constant.



1563.

On appelle *cercles primitifs*, les cercles tangents, tracés avec des rayons obtenus en divisant la ligne qui joint les centres dans le rapport inverse du nombre de tours que doivent faire les axes dans le même temps. On appelle *dents*, les saillies dont elles sont garnies, et *pas* de l'engrenage l'intervalle compris entre deux mêmes parties de dents consécutives, mesurées sur les cercles primitifs.

Nous empruntons à M. Poncelet l'exposé des conditions auxquelles doit satisfaire le tracé des engrenages.

Première condition. La simplicité de la solution et la facilité de l'exécution matérielle des engrenages exigent que les dents d'une même roue soient toutes égales et disposées régulièrement autour de la couronne. Mais il n'est pas nécessaire que l'épaisseur, c'est-à-dire la dimension comptée sur la circonférence primitive soit la même d'une roue à l'autre. Pour une roue en fer, la dent sera bien moins épaisse que pour une roue en bois ; il faudra aussi plus d'épaisseur aux dents de la roue qui tourne le plus vite, parce qu'elles éprouvent plus d'usure.

Deuxième condition. Le *pas* doit être le même, non seulement d'une dent à l'autre, mais encore sur les deux roues ; car le pas se compose sur chaque roue de l'épaisseur de la dent, plus l'intervalle correspondant à l'épaisseur de la dent de l'autre roue. Il en résulte que les nombres de dents sont proportionnels aux diamètres des circonférences primitives, de sorte que l'une ayant, par exemple, quinze dents, l'autre en aura trente, si le rayon de celle-ci est double de celui de la première. Une dent, pendant son engrènement avec une roue, se

trouvant logée entre deux dents de celle-ci, il faut laisser un certain jeu qu'on réduit à 1/12me de l'épaisseur des dents dans les roues bien construites, et à 1/6me dans celles construites grossièrement.

Troisième condition. Comme il arrive souvent, dans les machines, que les roues ne tournent pas toujours dans le même sens, il faudra que chaque dent soit terminée symétriquement par deux courbes semblables afin qu'elle soit propre à conduire les dents de l'autre ou à être conduite indifféremment.

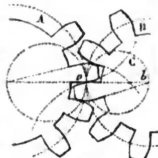
Quatrième condition. Quand les dents des deux roues s'approchent de la ligne qui réunit les centres elles vont à l'encontre l'une de l'autre. Lorsqu'au contraire elles s'en éloignent, elles tendent à s'écarter. D'après cela, on doit faire en sorte, autant que possible, que les dents ne commencent à se pousser qu'à partir de l'instant où elles sont arrivées à la ligne des centres ; condition qu'on ne doit cependant considérer comme essentielle, que pour les engrenages construits avec peu de soin. On évitera ainsi des arcs-boutements nuisibles. La forme des dents n'est jamais celle d'une courbe concave, d'un carré ou d'un trapèze, non parce que les roues ne sauraient ainsi se transmettre un mouvement uniforme, mais bien à cause des arcs-boutements dangereux qui en résulteraient si les dents de cette espèce se rencontraient avant la ligne des centres.

Cinquième condition. Les dents doivent toujours avoir une forme arquée qui leur permette de se mettre en tangence l'une à l'autre dès qu'elles sont en prise. De plus, le tracé des faces qui se poussent est déterminé par la condition que la vitesse d'une roue soit transmise à l'autre dans un rapport constant.

Tracé des engrenages. La forme des dents d'une roue étant déterminée, la forme que doivent avoir les dents de l'autre roue est la surface enveloppe de la première. Ainsi, si on trace en plan la courbe d'une dent dans toutes les positions qu'elle occupe, en supposant que les cercles roulent l'un sur l'autre, la suite des intersections de ces courbes formera le profil de la dent de la seconde roue. Elle jouira évidemment de la propriété de rester en contact continu avec la première.

La simplicité de la solution pour l'application pratique a fait adopter diverses surfaces simples ayant pour enveloppes d'autres surfaces faciles à exécuter, comme des cônes, des cylindres, et en général, des surfaces développables.

Dents à épicycloïdes. On satisfait à la condition que nous venons d'énoncer, en donnant aux dents la forme d'épicycloïdes, c'est-à-dire de courbes décrites par un point de la circonférence d'un cercle roulant sur les circonférences primitives. Soient A et B (fig. 1564), les circonférences primitives, si on fait rouler un cercle C autour des deux cercles A et B (intérieurement pour celui-ci) un même point de la circonférence décrira deux courbes qui pourront être prises pour dents des deux roues, car le contact pour une même longueur de circonférence passée au point de tangence aura toujours lieu en une position correspondante à une position du point o déterminé par une égale rotation.



1564.

Le diamètre du cercle auxiliaire C peut être quelconque ; mais si on le prend égal au rayon de B, l'épicycloïde intérieure que décrira son point o sera une ligne droite, précisément le rayon o b du cercle B, ce qui rendra la construction extrêmement simple (voir plus loin la démonstration de ce théorème due à Lahire).

Pour que les roues puissent se conduire indifféremment l'une l'autre, condition essentielle, on se sert du rayon de l'autre cercle A pour déterminer l'épicycloïde qui forme les parties courbes des dents extérieures qu'on ajoute aux rayons de B, et servent à conduire au besoin les rayons du cercle A.

Tracé pratique. La courbe qui forme les contours des dents étant en général de peu d'étendue, se confond sensiblement avec un cercle qui serait tangent vers le milieu de la courbe. La question se réduit à déterminer le centre du cercle qu'on substitue.

Dans les cas les plus ordinaires où les cercles ne sont pas trop petits par rapport aux dimensions des dents, où par suite la courbure est peu rapide, on prend ordinairement pour centre de la courbe d'une dent la naissance de la dent suivante, mesurée sur le cercle primitif, et pour rayon le pas de l'engrenage mesuré sur ce même cercle. Lorsque des pignons très petits, destinés à transmettre des efforts très considérables, devront avoir des dents très épaisses et que la courbure devra être très sensible, on pourra déterminer le centre et par suite le rayon du cercle destiné à remplacer la courbe, par la condition qu'il passe par la naissance et l'extrémité ou le dernier point de contact, qui est toujours facile à déduire de l'amplitude adoptée pour le contact de part et d'autre de la ligne des centres. En élevant une perpendiculaire au milieu de la ligne qui joint ces deux points, elle rencontrera la circonférence du cercle primitif en un point qui sera le centre cherché, et le rayon sera donné immédiatement. Cette méthode pratique ne s'applique qu'aux cas où les dents ont peu de longueur.

Engrenage à développante de cercle. L'engrenage à épicycloïdes, qui est habituellement employé, offre cependant plusieurs inconvénients : 1° les pressions augmentent sur les dents à mesure qu'elles s'éloignent de la ligne des centres, ce qui tend à les faire user inégalement ; 2° le tracé des dents de l'une des roues dépendant du rayon du cercle primitif de l'autre roue, l'on ne peut faire conduire par une même roue des pignons de différents diamètres ; 3° si les axes éprouvent le moindre déplacement, l'engrenage n'est plus exact.

Une autre solution du problème des engrenages évite ces inconvénients. Les pressions sur les dents y sont constantes, on peut faire varier la distance des axes pour laquelle les tracés ont été faits, le contact ayant lieu suivant une ligne droite ; enfin le tracé est d'une grande simplicité. Soient A,B (fig. 1564), les cercles primitifs, a, b, leurs centres ; par leur point de contact t, menons une ligne quelconque m n, abaissons des deux centres des perpendiculaires sur ces lignes, et avec les longueurs de ces perpendiculaires pour rayons, décrivons les deux cercles A', B'. Ces deux cercles seront dans le même rapport que les cercles primitifs. Si on considère la ligne m n comme un fil tendu et qu'on l'enroule successivement autour des circonférences A' et B', le point t décrira des portions de développantes qui seront les courbes des dents.

1564.

Il est évident que dans le mouvement le contact aura toujours lieu sur la ligne droite m n, et que les dents transmettent le mouvement entre les roues de la même manière que si cette ligne qui est tangente aux deux cercles s'enroulait sur l'un en se déroulant sur l'autre.

Les roues devant se conduire dans les deux sens, les

dents doivent être symétriques des deux côtés, et afin d'éviter que, par la trop grande courbure, leurs extrémités ne soit trop affaiblie, il faut donner à la ligne *m n* le moins d'inclinaison possible.

Quant à la longueur totale des dents, on la détermine facilement en traçant celles-ci dans la position extrême où elles doivent agir avant et après la ligne des centres en les coupant suivant des arcs de cercles, concentriques aux roues, passant par le point de contact.

Il est clair que si l'on rapproche ou recule les deux axes *a*,*b*, l'un de l'autre, cela ne change rien à la forme des dents, engendrées par la développante des mêmes cercles, la tangente et le point de contact seuls changent; le contact ayant toujours lieu suivant la direction de la tangente commune aux deux cercles A', B', la pression normale aux courbes en contact aura toujours lieu suivant la direction de cette tangente, elle demeurera donc constante.

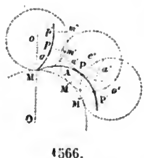
Il n'en est pas de même pour les engrenages à épicycloïdes; car alors les moments des forces qui se conduisent, et qui, par suite, sont égaux, donnant $Pp = P'p'$; les longueurs p, p', des moments n'ont plus, comme dans le cas précédent, toujours des valeurs constantes, mais des valeurs variables suivant le point de contact; les pressions vont donc en s'augmentant à mesure que le point de contact approche de l'extrémité de la dent.

Le frottement étant proportionnel à la pression, il en résulte que les engrenages à développantes s'usent uniformément, tandis que les engrenages à épicycloïdes s'usent plus vers l'extrémité de leurs dents qu'en leur milieu. Les dents des premières conservent donc toujours leurs formes en s'amincissant, tandis que celles des secondes se déforment et s'arrondissent vers leurs extrémités.

Ces engrenages offrent encore l'avantage précieux qu'une même roue peut conduire exactement plusieurs roues d'engrenage de diamètres différents, pourvu qu'elles aient le même pas.

Construction pratique des dents d'une roue quand le profil des dents de l'autre roue est donné. Nous donnerons ici le tracé qu'indique M. Poncelet pour une forme quelconque de dents, et qui permet de les obtenir avec facilité. Il est adopté par plusieurs bons constructeurs.

Le profil M A (fig. 1566), des dents de la roue O étant donné, pour construire celui des dents de la roue o, il faut faire rouler le cercle *o* sur le cercle O, et de chaque point de contact M', M'', abaisser une perpendiculaire M' P, M'' P', sur la courbe M A. Les pieds P, P', sont des points de la courbe M *a*, profil des dents de la roue *o*.



1566.

Mais, pour faire cette construction, il n'est pas nécessaire de déplacer le cercle *o*, il suffit de prendre sur sa circonférence des arcs M *m'*, M *m''*, égaux aux arcs M M', MM'', et d'abaisser les normales *m'p*, *m''p'*. Prenant ces normales égales à celles M' P, M'' P', pour rayons, on décrit des points *m'*, *m''*, le petits arcs de cercles suffisamment rapprochés, et l'on trace la courbe M *a*, tangente à tous ces cercles, qui est la courbe cherchée.

Cette construction est fondée sur le principe fondamental que la normale, au point de contact des dents, passe toujours par le point de contact des circonférences primitives.

Dimensions des dents. Largeur. Autrefois on donnait aux dents des engrenages une très grande épaisseur et une largeur (dans le sens de l'axe) égale à environ deux fois cette épaisseur. Mais on a reconnu que le frottement absorbait d'autant plus de travail que le contact avait lieu plus loin de la ligne des centres; on a dono trouvé avantage à augmenter les largeurs des dents dans le sens de l'axe et à diminuer leur épaisseur. On leur donne en général une largeur égale à 4 fois leur épaisseur quand la vitesse n'excède pas 1^m,50 à la circonférence, et 5 fois pour les vitesses supérieures, afin de compenser les effets de l'usure.

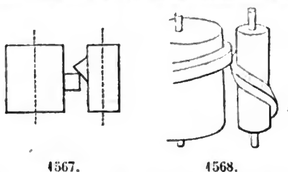
Saillie. On ne donne pas en général à la saillie plus de 1,50 de l'épaisseur de la dent.

Épaisseur. L'épaisseur varie avec la force que l'engrenage doit transmettre, soit P cette force en kil., *b* l'épaisseur de la dent en centimètres, mesurée sur la circonférence primitive; on déduit de l'observation des dimensions adoptées par les meilleurs constructeurs, pour des roues établies d'ailleurs comme il est dit ci-dessus.

Pour les dents en fonte . . . . . $b = 0{,}105\ \sqrt{P}$,
id. en bronze ou cuivre $b = 0{,}131\ \sqrt{P}$.
id. en charme, sorbier $b = 0{,}138\ \sqrt{P}$.

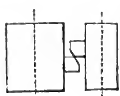
Frottement. Les circonférences primitives se mouvant avec une égale vitesse, et les dents des deux roues n'étant pas égales, il faut nécessairement qu'il y ait glissement et frottement entre celles-ci, et par suite résistance nuisible. Il a paru longtemps impossible de construire des engrenages donnant des vitesses angulaires uniformes et n'ayant qu'un frottement de roulement. Le mécanicien Withe construisit, en 1821, des roues dentées auxquelles il attribuait cette propriété sans pouvoir le démontrer. Ce fait repose sur ce que le travail de frottement dans les engrenages est en raison inverse du nombre de dents, et nul par suite pour un nombre de dents infini. C'est ainsi qu'on peut considérer les engrenages à denteurs héliçoïdales.

Considérons (fig. 1567 et 1568) les deux cylindres qui ont pour base les deux circonférences primitives



1567. 1568.

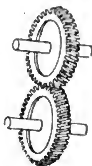
et pour axes les arbres à conduire. Si on suppose les deux cylindres développés successivement sur un plan tangent passant par leur arête de contact, et une ligne inclinée tracée sur ce plan, en reformant les cylindres, cette ligne formera sur chacun une hélice; et quand ils rouleront l'un sur l'autre, les parties correspondantes de ces hélices viendront successivement en contact. Si donc celles-ci sont saillantes, ou, pour mieux dire, si on arme les deux cylindres de dents saillantes héliçoïdales dont le contact ait lieu suivant ces lignes, elles formeront un engrenage sans frottement de glissement.



1569.

On voit que le glissement est évité, puisque le contact qui change de plan à chaque instant a lieu sur des longueurs égales. Le tranchant s'émousse avec le temps

(fig. 1569), mais l'arête se trouve remplacée par une partie circulaire pour laquelle le contact a lieu comme sur l'arête vive. Ces engrenages sont dits de précision. Le contact n'ayant lieu qu'en un point, ils ne pourraient, sans s'user très rapidement, transmettre des efforts considérables. M. Bréguet fils les a utilisés avec un grand succès pour faire mouvoir des plateaux légers avec une vitesse de 8,000 tours en 1". Pour des roues de peu d'épaisseur, les hélices, se rapprochant de lignes droites inclinées, sont faciles à exécuter. Il suffit, comme l'a fait M. Bréguet, de donner au plateau de la machine à diviser un mouvement de rotation proportionnel au mouvement de progression de l'outil. On a alors les roues représentées fig. 1569 *bis*, excellentes pour transmettre les mouvements rapides et les forces peu considérables.



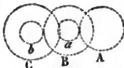
1569 *bis*.

Vitesse. Les engrenages décrits peuvent servir à transformer un mouvement circulaire continu en un autre de même nature d'une vitesse quelconque. Quant à la direction, celle de la seconde roue est inverse de celle de la première; on obtiendra donc une direction de même sens, s'il est nécessaire, par une troisième roue.

Remarquons que le rapport des vitesse angulaires des roues extrêmes d'un système composé de roues engrenant chacune avec la suivante est le même que si ces roues extrêmes étaient immédiatement en contact, puisque les mêmes longueurs des diverses circonférences primitives passent toujours aux divers points de contact.

Lorsque le rapport des vitesses angulaires autour de deux arbres donnés doit être considérable, on emploie souvent plusieurs engrenages situés dans des plans parallèles au lieu d'un seul engrenage.

Une première roue A (fig. 1570) engrène, par exemple, avec une autre roue d'un rayon bien moindre, qu'on appelle *pignon*; sur le même axe que le pignon *a* est montée une roue B solidaire avec lui. La roue B engrène avec un second pignon *b* sur l'axe duquel est montée une roue solidaire C.



1570.

w, w', w'', étant les vitesses angulaires autour des axes des trois roues A, B, C, soient R, R', R'', les rayons des roues; r, r', ceux des pignons a, b, on aura :

$$w \times R = w' \times r$$
$$w'' \times r' = w' \times R'$$

et divisant :

$$\frac{w}{w''} = \frac{r \times r'}{R \times R'}$$

c'est-à-dire que la vitesse angulaire de la première roue est à celle de la dernière comme le produit des rayons des pignons est au produit des rayons des roues dont la dernière agit sur le dernier pignon.

Emploi de la bielle. La bielle fournit un moyen de transformer un mouvement circulaire en un mouvement circulaire autour d'un axe parallèle au premier, situé à une certaine distance, pourvu toutefois que les rotations aient lieu dans le même temps. Nous avons représenté cette disposition à l'article BIELLE.

Rapport de vitesse variable. —Nous renverrons à notre TRAITÉ DE CINÉMATIQUE pour l'étude complète de cette question ; nous donnerons seulement le résumé de la solution générale.

Pour que le problème puisse se résoudre sans glissement, pour qu'on puisse construire des courbes qui

MÉCANIQUE.

remplissent l'office des circonférences primitives dans la théorie des Engrenages, il faut :

Si le rapport de la vitesse angulaire de l'axe conduit à celle de l'axe conducteur, passe par un maximum et un minimum pour revenir au point de départ, employer deux ellipses tangentes tournant chacune autour d'un foyer différent (fig. 1570 *bis*).

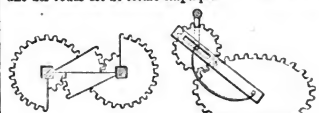
1570 *bis*.

Si ce rapport devait atteindre plusieurs maxima dans une seule rotation, il faudrait employer des courbes qui aient une certaine analogie avec l'ellipse et qui porteraient un nombre de saillies égal à celui des maxima.

Dans les cas rares de la pratique, où il faut résoudre le problème qui nous occupe, on emploie quelquefois, à cet effet, la combinaison d'engrenages représentée fig. 1571. Les deux roues sont interceptées dans une partie de leur circonférence et remplacées par des segments d'autres roues montés sur les mêmes arbres dont les rayons sont en raison inverse des nouvelles vitesses qu'il s'agit d'obtenir.

Le grand défaut de semblables systèmes réside dans la difficulté du passage d'une roue à l'autre. Les dents des diverses roues animées de vitesses différentes ne peuvent être en prise en même temps sans qu'il y ait cause de destruction des dents, les vitesses ne correspondant plus aux nouvelles circonférences primitives; il faut donc laisser un certain intervalle entre les unes et les autres, le passage ayant lieu par la continuation du mouvement par suite de l'inertie des diverses parties de la machine, mais il en résulte un choc à la reprise des dents des nouvelles roues.

Ce système de roues dentées est donc, en réalité, très imparfait, aussi n'est-il guère employé. Il en est de même du système représenté (fig. 1592), dans lequel une des roues est de forme elliptique.



1571. 1572.

Roues de Roëmer. Un système ingénieux avait été proposé par l'astronome Roëmer pour varier les mouvements dans les machines planétaires.

Un des axes parallèles est garni d'une roue dentée de forme conique, l'autre porte un cône dont le sommet est opposé à celui du premier cône. Plaçant sur ce cône des chevilles à différentes distances du sommet d, on obtiendra tous les rapports de vitesse que l'on voudra entre les limites $\frac{R}{r}$ et $\frac{r}{R_1}$, R et r étant les rayons des deux faces du cône, r_1 et R_1 ceux des faces de la roue. Les chevilles du cône formeront une roue elliptique, si elles sont disposées sur un plan oblique, sur l'axe et agiront comme dans la figure 1572 (sans l'intervention d'un ressort) en remplaçant les cônes par des cylindres.

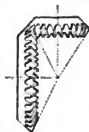
Le cas le plus remarquable des variations instantanées du rapport de vitesse, et celui qui trouve le plus d'applications, est celui du mouvement intermittent, lorsque la roue menée passe alternativement du repos au mouvement et *vice versâ*.

On obtient cet effet à l'aide de deux roues dentées ordinaires en enlevant à la roue menante un certain nombre de dents. En proportionnant les longueurs des arcs garnis de dents à celles des arcs qui n'en sont pas munis, on obtient toutes les intermittences voulues de la deuxième roue pour une révolution de la menante.

Ces systèmes de dents espacées ont un inconvénient grave. L'axe conduit ne s'arrêtant pas instantanément, les dents de la roue menée peuvent ne pas se trouver en prise avec celles de la roue menante au moment voulu. On peut employer une cheville placée sur une des dents et une fourche sur l'autre pour assurer la reprise des dents au point voulu.

3° AXES QUI SE RENCONTRENT.

L'angle que forment les deux axes (fig. 1575) étant divisé par une ligne, de telle manière que les longueurs des perpendiculaires abaissées d'un point de cette ligne sur les axes soient en raison inverse des nombres de tours qu'ils doivent faire; cette ligne engendrera, par sa rotation autour de chaque axe, des cônes qui remplissent, pour la construction de l'engrenage conique, le même rôle que les circonférences primitives dans l'engrenage cylindrique. On peut, par les ressources de la géométrie descriptive, tracer les formes rigoureusement exactes des dents, soit à épicycloïdes, soit à développantes, en considérant des courbes engendrées de la même manière, non sur un plan, mais sur une sphère ayant pour centre le sommet des deux cônes. Ces courbes s'appellent épicycloïdes sphériques, développantes sphériques.

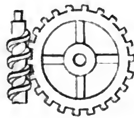


1575.

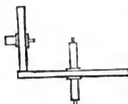
En réalité, voici comment on opère avec une précision suffisante : On fait le tracé d'engrenages plans correspondants aux cercles des surfaces supérieures et inférieures des roues d'angles, ou mieux encore des secteurs correspondant au développement des cônes à angles très obtus qui terminent ces parties. On emploie ensuite ces tracés en guise de panneaux pour les reporter sur ces surfaces et déterminer ainsi les formes et les emplacements des contours extrêmes des dents à l'aide desquelles on trace les génératrices rectilignes de leur surface.

4° AXES QUI NE SE RENCONTRENT PAS, NE SONT PAS DANS UN MÊME PLAN.

1° *Formant un angle droit ou qui s'en éloignent peu.* Dans ce cas particulier, l'organe fréquemment employé est celui représenté par la fig. 1576, représentant une roue dentée menée par une vis sans fin. Les dents de la roue rencontrant les plans toujours inclinés de la



1576.



1577.

surface héliçoïdale, le mouvement sera transmis d'un axe à l'autre; les dents de la roue sont formées par des cylindres engendrés par des développantes et les génératrices inclinées dans la direction de la tangente à l'hélice au point de contact, afin que celui-ci ait lieu suivant une ligne droite. Cet organe n'est guère employé que pour communiquer de petites forces.

Pour des forces encore moindres, on peut employer le système de deux roulettes reposant la jante de l'une sur le plat de l'autre (fig. 1577). Le mouvement de la seconde fera marcher la première, pourvu que la résistance de l'axe ne dépasse pas celle du frottement de glissement. Cet organe a été employé avantageusement dans des compteurs.

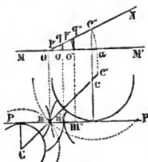
2° *Cas général.* En général, on résout ce problème en joignant les deux axes par un troisième auxiliaire auquel le mouvement est transmis du premier axe par une roue d'angle, qui le transmet de la même manière au second.

Le problème a néanmoins été résolu directement par M. Olivier. Les dents de l'une des roues sont à développantes et ne diffèrent pas de celles d'un engrenage cylindrique, celles de l'autre roue sont formées d'une surface héliçoïde développable, et le contact a toujours lieu suivant une ligne droite. La construction de ces engrenages est une des plus belles applications des méthodes de la géométrie descriptive. La vis sans fin est, en réalité, un cas particulier de ce problème qui eût dû mener plus tôt à la construction générale s'il avait été étudié avec soin. Le seul inconvénient de ces engrenages est de ne pas être à retour; mais ils offrent le grand avantage de permettre, au moyen d'une seule roue, de communiquer le mouvement à plusieurs autres roues à la fois dont les axes sont dans des plans quelconques.

Cherchons à donner idée du principe fondamental de la construction de ce système et à exposer les données desquelles, à l'aide des procédés de la géométrie descriptive, on peut déduire les tracés nécessaires à l'exécution.

De la propriété de l'engrenage plan à développantes, que le contact a toujours lieu sur la normale commune, qui est la tangente commune aux cercles moyens des cylindres des roues, il résulte que si on fait tourner une des roues autour de cette tangente, les deux engrenages se toucheront toujours par un point situé sur cette tangente commune. La première roue restant la même, cherchons les modifications qu'il faudrait faire subir aux dents de la seconde roue, quelle surface devrait être engendrée par des génératrices passant par une section faite par le milieu de l'engrenage à développantes fournissant déjà un point de contact, pour que le contact ait lieu suivant une ligne droite.

Traçons l'engrenage plan comme à l'ordinaire, et dans un plan MM' (fig. 1578) perpendiculaire au premier, traçons ON, trace du plan de la seconde roue après sa rotation. Soient O, O', O'', les projections des points de contact successifs *m*, *m'*, *m''*, ils se projetteront sur ON, en des points *p*, *p'*, *p''*, obtenus en décrivant des arcs de cercle du point O comme centre avec les rayons *o o'*, *o o''*. Si donc on prenait pour génératrices des surfaces des deux roues les cordes *p' o'*, *p'' o''*, le contact aurait évidemment lieu suivant ces lignes qui passent par les points de contact. Ces lignes formant avec le plan de chaque roue un angle égal, et de la moitié du supplément de l'angle des deux plans, elles constituent une surface développable héliçoïdale,



1578.

puisque ces arêtes étant situées lors du contact dans le plan vertical PP', leurs projections horizontales sont les normales aux développantes, leurs arêtes de rebroussement sont donc situées sur les surfaces des cylindres.

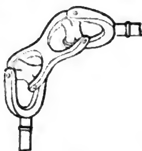
Mais, ainsi que nous l'avons dit, ce ne sont pas deux surfaces hélicoïdales qu'on emploie pour former les dents, on trouve bien plus avantageux de conserver la première roue cylindrique à développantes et par suite d'une construction facile.

Dans ce cas, les projections des arêtes passant au point de contact deviennent $o'\ q'$, $o''\ q''$. Les points p', p'', ne peuvent plus alors venir en contact. Mais si on recule la roue C dans le prolongement de son rayon en C', déterminé en projetant le centre C sur MM', prolongeant jusqu'en C' et rabattant par un arc de cercle; il est évident que les points q', q'', seront alors les projections des points de contact p', p'', de la seconde roue, et que le contact aura lieu suivant ces arêtes, si on les prend pour génératrices des dents de la surface hélicoïdale de la seconde roue, génératrices inclinées sur le plan de cette roue d'un angle égal au complément de l'angle des deux plans.

M. Olivier a montré encore dans son beau travail sur les engrenages qu'on pouvait obtenir aussi un engrenage de pression, c'est-à-dire où le contact a lieu suivant une ligne droite, pour des axes dans une position quelconque, en taillant les dents des deux roues au moyen d'une vis et de l'écrou correspondant. Il a fait établir une curieuse machine à diviser, basée sur ce principe.

Charnière universelle. Cet organe (fig. 1579) permet de transmettre le mouvement de rotation d'un axe à un autre situé non seulement dans un autre plan, mais pouvant encore varier de position.

Les deux axes entre lesquels le mouvement doit se communiquer se terminent par deux branches formant un demi-cercle. La fig. 1579 montre comment ces parties s'assemblent par un double système de croix et comment le mouvement se communique par cet assemblage d'un axe à l'autre.

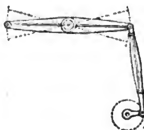


1579.

Cet organe ne peut servir que pour la transmission des forces peu considérables à cause des frottements de toutes les articulations et des torsions qui tendent à se produire.

II. Mouvement circulaire continu en circulaire alternatif.

BIELLE ET MANIVELLE. Le véritable organe opérant cette transformation d'une manière continue est la bielle (fig. 1580), qui, au moyen de la manivelle, transmet le mouvement circulaire de manière à imprimer à l'extrémité d'un balancier un mouvement circulaire alternatif ou réciproquement. Cet organe ne laisse rien à désirer. Les frottements n'y sont pas considérables, et de plus il offre cet avantage que la vitesse d'élévation ou de descente du balancier va en décroissant vers les extrémités de sa course pour une même vitesse de la roue. Il en résulte que les pertes de travail résultant du



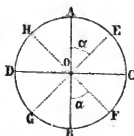
1580.

changement de direction à la fin de chaque oscillation sont très faibles, et que le désavantage du mouvement alternatif est ainsi diminué.

La propriété des bielles et manivelles de décrire des espaces rectilignes variables pour de mêmes vitesses angulaires, d'où résultent des variations de vitesse par l'application d'une force motrice constante est quelquefois un inconvénient. Il est évité en général au moyen de l'appareil régulateur, dit volant, dont l'effet compense ces variations périodiques.

Quand le volant ne peut être employé, comme pour l'élévation des fardeaux, la manivelle est moins avantageuse que le levier ; on emploie, dans ce cas, deux manivelles à angle droit l'une sur l'autre.

L'emploi de manivelles multiples diminue les limites de variations de vitesse. Avec une seule manivelle le moment de la force varie de 0 à Pr, en partant (figure 1581) du point A pour arriver au point C.



1581.

Manivelles doubles. Si au lieu d'appliquer la force P par une seule manivelle agissant au point E on fait agir deux forces égales à 1/2 P sur deux manivelles assemblées aux points E et F (l'angle EOF étant de 90°), le moment de la première variera de 0 à 1/2 Pr tandis que celui de la seconde variera de 1/2 Pr à 0. Les angles α et α' étant évidemment complémentaires quand les manivelles se déplacent, le moment sera pour une position quelconque :

$$M = \frac{1}{2} Pr\,(\sin.\,\alpha + \cos.\,\alpha)$$

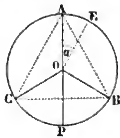
On peut poser $\sin.\,\alpha + \cos.\,\alpha = \sin.(45^\circ + \alpha)\ \sqrt{2}$, formule facile à vérifier en développant le second terme, et remarquant que $\sin.\,45^\circ = \cos.\,45^\circ = 1/2\ \sqrt{2}$.

La plus petite valeur du sinus ou $\alpha = o$, donnera le minimum et la plus grande ou $45^\circ + \alpha = 90^\circ$ ou $\alpha = 45^\circ$ le maximum.

On aura donc :

Minimum. $\alpha = 0$, $\sin.\,45^\circ = 1/2\ \sqrt{2}$, d'où $M = 1/2\,Pr$.
Maximum. $\alpha = 45^\circ$, $\sin.\,(45^\circ + \alpha) = 1$
d'où $M = 1/2\,Pr\ \sqrt{2}$

On voit que les limites de variation sont bien moindres que dans l'emploi d'une manivelle simple et surtout, ce qui peut être important, que l'effort ne passe jamais par zéro.



1582.

Manivelles triples (figure 1581). En disposant une troisième manivelle au point G (la bielle agit alors en remontant) la régularité ne croîtrait pas. En effet les moments deviennent :

$$M = 1/3\ Pr\sin.\,\alpha + 1/3\ Pr\sin.\,\alpha' + 1/3\ Pr\sin.\,\alpha$$
$$= 1/3\ Pr\ (2\sin.\,\alpha + \cos.\,\alpha)$$

Pour $\alpha = 0$, $\sin.\,\alpha = 0$, $\cos.\,\alpha = 1$; on a $M = 1/3\ Pr$

Pour $\alpha = 45^\circ$, on a : $\sin.\,\alpha = \cos.\,\alpha = 1/2\ \sqrt{2}$ et $M = \frac{1}{3}\,Pr \times \frac{3}{2}\ \sqrt{2} = \frac{2}{3}\ Pr\ \sqrt{2}$ la variation est plus grande que dans le cas précédent.

Une quatrième manivelle placée en H, les trois autres en E, F, G, n'aurait aucun effet à cause de la symétrie, la force divisée en quatre parties agirait absolument de

la même manière que divisée en deux parties et agissant sur les deux premières manivelles. Il est nécessaire pour obtenir une plus grande régularité de mettre les bras de manivelle multiples en nombre impair, autrement l'effet est le même que pour des manivelles dont le nombre des bras est moitié moindre.

Au lieu de disposer la manivelle triple ainsi que nous venons de le supposer, on en place les trois boutons à égale distance sur la circonférence, c'est-à-dire sur les trois sommets du triangle équilatéral inscrit, et alors les variations sont moindres. En effet, dans ce cas, si la rotation d'un angle α se produit, il est facile d'évaluer la somme des moments des trois forces 1/3 P agissant sur les manivelles. Cette quantité sera égale, d'après la propriété du côté du triangle équilatéral d'être la corde d'un angle de $\frac{360}{3} = 120°$, a

$$M = 1/3\,Pr\,(\sin.\,\alpha + \sin.\,(60° - \alpha) + \sin\,(60° + \alpha))$$

Or, le sinus du sommet placé seul d'un côté du diamètre est égal à la somme des deux autres.

En effet, on a :

$$\sin.\,(60° + \alpha) = \sin.\,60° \cos.\,\alpha + \sin.\,\alpha \cos.\,60°.$$

Or, $\cos.\,60° = \frac{1}{2}$, d'où $\sin.\,60° = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{3}$

Donc $\sin.\,(60° + \alpha) = \frac{1}{2}\sqrt{3}\cos.\,\alpha + \frac{1}{2}\sin.\,\alpha.$

De même :

$$\sin.\,(60° - \alpha) = \sin.\,60° \cos.\,\alpha - \sin.\,\alpha \cos.\,60 = \frac{1}{2}\sqrt{3}\cos.\,\alpha - \frac{1}{2}\sin.\,\alpha.$$

En ajoutant sin. α, on retombe précisément sur la valeur de sin. $(60° + \alpha)$; donc la somme des moments sera :

$$M = \frac{1}{3} Pr + 2 \sin.\,(60° + \alpha)$$

Le minimum pour $\alpha = 0$ correspond à la position indiquée sur la figure 1582, qui est celle de la plus petite valeur de sin. $(60 + \alpha)$; quand $\alpha = 0$ et que le point A vient à passer du côté droit du diamètre, et dans ce cas la formule donne :

$$M = \frac{1}{3} Pr.\sqrt{3}.$$

Le maximum a lieu pour $60° + \alpha = 90°$ ou $\alpha = 30°$, et alors un des sommets (C par exemple) est sur le rayon horizontal. Dans cette position l'action, étant au maximum pour ce sommet, a lieu utilement pour les deux autres.

Alors sin. $(60° + \alpha) =$ et

$$M = \frac{2}{3} Pr.$$

On peut donc établir le tableau suivant pour le rapport du maximum au minimum dans chaque cas :

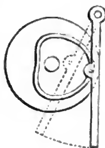
	Minimum.	Maximum.
Manivelle simple.	0,000	1
Manivelle double.	0,707	1
Manivelle triple	0,866	1

C'est-à-dire qu'à mesure qu'on fait croître le nombre des manivelles, les variations diminuent.

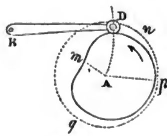
Excentriques. On nomme excentriques des organes agissant par contact immédiat et qui, à l'aide d'un mouvement circulaire, produisent un mouvement circulaire alternatif (ou rectiligne alternatif, comme nous le verrons ci-après), en satisfaisant à la condition du maximum de transmission de travail utile ; c'est-à-dire que la vitesse, par variations continues, passe par zéro lors du changement de sens du mouvement.

Ce système est donc employé avantageusement pour la transformation dont il s'agit, et offre de plus la facilité d'agir également avec des axes parallèles et avec des axes obliques.

Un levier tournant autour d'un axe, et reposant par son poids (fig. 1583 *bis*) ou fixé d'une manière quelconque à une courbe non circulaire montée sur l'axe (fig. 1583) qui se meut circulairement, prendra un mouvement circulaire alternatif dont la vitesse dépendra du tracé de la courbe, constitue un système d'excentrique.



1583.



1583 *bis*.

Les dispositions en peuvent varier. Ainsi la cheville ou galet peut être adaptée à la roue et la courbe au levier. On a alors les combinaisons représentées dans les figures 1484 et 1484 *bis*. Dans cette dernière la rainure a une forme courbe, et par suite en faisant varier cette courbure on peut obtenir des rapports quelconques de vitesse.



1484.



1484 *bis*.

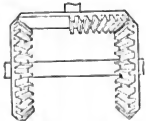
Cames. Les organes opérant d'une manière discontinue sont les cames, qui sont des excentriques suffisamment espacés, pour que le levier sur lequel ils agissent ait pu reprendre sa première position, quand l'action d'une came vient à succéder à celle de la précédente. Comme cette action ne peut avoir lieu sans un certain choc résultant de la rencontre du levier en repos par la roue en mouvement, on ne doit employer cet organe que quand il est nécessité par la nature du travail, pour les marteaux, par exemple (fig. 1585).



1585.

Secteurs dentés. La figure 1586 représente encore un moyen de transformer le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif par l'emploi de parties de roues d'engrenage.

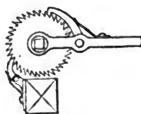
Deux roues d'angles, montées parallèlement sur l'arbre qui doit posséder le mouvement alternatif, engrènent successivement avec une partie de roue dentée, montée sur l'arbre animé d'un mouvement circulaire continu. Suivant que celle-ci agit sur une roue ou sur l'autre, le mouvement change de sens ; et si le nombre des dents est tel qu'une roue soit quittée quand l'autre est reprise, la transformation indiquée sera obtenue sans interruption de mouvement.

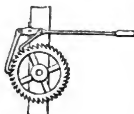


1586.

Encliquetages. On donne généralement le nom d'encliquetages aux organes composés essentiellement de pièces saillantes et mobiles venant agir sur la partie de la machine qui doit recevoir le mouvement, soit pour l'obtenir dans un sens, soit pour éviter qu'il ne puisse avoir lieu dans une direction. Cet organe devient, dans ce dernier cas, organe d'arrêt dont la roue à rochet est le type. Nous n'avons à parler ici que des encliquetages servant à communiquer le mouvement qui se divisent en deux classes : encliquetages à dents, encliquetages à pression.

Encliquetages à dents. Le mouvement circulaire alternatif produit par intermittence le mouvement circulaire continu au moyen de l'organe (fig. 1587) employé avec succès dans les constructions depuis quelque temps. Le mouvement circulaire de va-et-vient imprimé à l'extrémité du levier produit l'engrenage de la dent à ar-

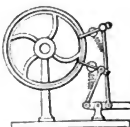

1587.


1588.

ticulation qui y est assemblée avec les dents successives de la roue. Cette action est rendue continue dans le levier de Lagarousse (fig. 1588) où l'un des crochets agit quand l'autre va se placer sur de nouvelles dents.

Encliquetages par pression. Le système d'encliquetage par pression en tant qu'organe moteur (en tant qu'organes d'arrêt ils se confondent avec les freins) est dû à M. Saladin de Mulhouse.

Si l'on fait passer sur la jante d'une roue un anneau (coupé seulement pour laisser passer le bras de la roue) (fig. 1589) en le faisant monter normalement à la circonférence, on n'éprouvera pas de résistance ; mais si on exerce une traction oblique, l'anneau prend une position différente de la normale et serre la jante avec une force suffisante pour entraîner la roue. L'anneau ne peut plus glisser, il ne pourrait que s'ouvrir si l'effort était trop considérable.


1589.

En disposant deux anneaux des deux côtés du point de rotation d'un levier, comme le représente la figure, leur action sera successive et le mouvement circulaire alternatif de l'extrémité du levier engendrera le mouvement circulaire continu de la roue.

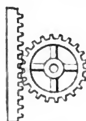
III. Mouvement circulaire continu en rectiligne continu.

TREUIL. Le treuil, soit horizontal, soit vertical, transforme, au moyen d'une corde attachée à la résistance à vaincre, le mouvement circulaire continu en rectiligne continu ; réciproquement une corde en se déroulant produit le mouvement circulaire de l'arbre sur lequel elle est enroulée. C'est ainsi qu'un poids agit dans les horloges.

Une chaîne sans fin, qui réunit deux poulies douées d'un mouvement circulaire, donne aussi une solution de ce problème fréquemment employée dans les machines outils.

CRÉMAILLÈRE. La ligne droite pouvant être considérée comme un cercle d'un rayon infini, la solution des engrenages s'appliquera encore à ce cas et donne la transformation consistant dans l'emploi d'un pignon et d'une crémaillère. Le rayon du cercle devenant infini, la construction donnée pour les dents à épicycloïdes, déterminera des dents à développantes, le cercle de demi-rayon se confondant aussi avec la droite. Si donc on arme la roue de dents à développantes et qu'on pratique dans la barre droite des échancrures rectangulaires destinées à laisser passer les dents, celle-ci sera conduite régulièrement par la roue, c'est-à-dire que des longueurs égales passeront au point de contact (figure 1590).

On ne peut inversement mener la roue par la droite, car les angles des échancrures agissant sous un angle obtus produisent une résistance notable. Pour mener la roue par la droite, on pratique dans celle-ci des sections perpendiculaires au plan de la roue et passant par des rayons, et on arme la roue de dents correspondant à la rotation du cercle de rayon moitié de celui de la roue. Il décrira ainsi des cycloïdes qui déterminent la forme que l'on doit donner aux dents.

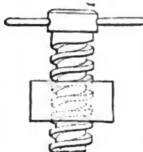

1590.

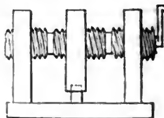
Une des plus intéressantes applications de cet organe et des engrenages est le cric, qui permet de soulever les plus lourds fardeaux en rendant très faible la vitesse du point de résistance, relativement à celle de la manivelle.

Les organes précédents conviennent lorsque le mouvement rectiligne est perpendiculaire à l'axe du mouvement circulaire. On peut encore, quand l'angle est différent d'un droit, employer, comme l'a démontré M. Olivier, des crémaillères obliques, dont les dents se tracent à l'aide des considérations analogues à celles que nous avons exposées pour le tracé des engrenages pour des axes qui ne se rencontrent pas. Quant au treuil, on peut utiliser son action à l'aide de poulies de renvoi dans une direction quelconque.

VIS. Lorsque le mouvement rectiligne est dans la même direction que l'axe du mouvement circulaire, on emploie une vis (fig. 1591) tournant dans son écrou, ou l'écrou d'une vis dont l'axe ne peut se mouvoir en ligne droite, écrou qu'un guide empêche de tourner.

Cet organe permettant de rendre la vitesse du mouvement rectiligne très petite relativement à la vitesse circulaire, est très propre pour développer de très grands efforts, ce qui le fait surtout employer pour


1591.


1592.

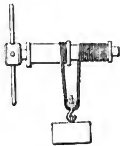
les appareils qui doivent produire des pressions, mais en occasionnant des pertes de travail considérables par les frottements.

Cet organe peut être considéré comme une espèce

d'engrenage dans lequel le filet de la vis agit sur celui de l'écrou, comme le feraient deux dents inclinées.

M. Prony a proposé d'employer la combinaison de la vis et de son écrou pour produire des mouvements très petits sans employer des vis d'un pas trop peu incliné. Il a appelé ce système *vis différentielle* (fig. 1592) et a proposé son emploi pour les mesures de précision. Voici en quoi elle consiste.

Quand une vis se meut entre deux supports, par chaque tour de manivelle elle avance d'un pas ; si le milieu de l'axe est formé d'une vis d'un pas différent de celui de la première, et porte un écrou qu'un guide empêche de tourner, celui-ci montera par chaque tour de la vis d'une quantité égale au pas de la vis. Son mouvement absolu égal au transport de l'axe, moins son mouvement propre, sera donc égal à la différence des deux pas de vis qu'on peut obtenir aussi petit qu'on le voudra en conservant au filet de la vis toute la solidité nécessaire.



1593.

On a construit d'après les mêmes principes un treuil (fig. 1593) avec lequel le fardeau soulevé n'est élevé que de la différence du chemin parcouru par la corde sur les deux cylindres concentriques montés sur le même axe de rotation.

IV. Mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif.

Les organes indiqués pour la transformation du mouvement circulaire continu en circulaire alternatif s'appliquent à ce cas avec la seule modification de contraindre par des guides à un mouvement rectiligne la partie qui remplace le levier tournant sur son axe.

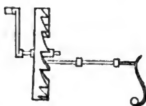
Ainsi la bielle et la manivelle (fig. 1594) formeront un très bon organe de ce genre, en assemblant leur extrémité avec la pièce qui doit avoir un mouvement rectiligne et qui sera maintenue dans des guides parallèles.

Quelquefois on courbe l'arbre lui-même ; la bielle peut alors s'appliquer en un point quelconque du coude. Cette disposition est surtout employée pour faire agir plusieurs bielles sur un même axe.



1594.

Les bielles peuvent servir pour obtenir un mouvement rectiligne d'une vitesse moyenne quelconque, puisqu'une oscillation correspondant toujours à un tour de l'axe, la longueur de l'espace parcouru pendant la durée d'un tour dépendra du rayon de la manivelle qu'on peut faire varier, en ayant soin de partir d'ailleurs d'un mouvement circulaire d'une vitesse convenable au moyen de transformations antérieures du mouvement circulaire continu. Le plan de la manivelle pouvant être oblique sur l'axe en mouvement, cette transformation de mouvement pourra encore servir pour une transmission de cette nature ; mais elle ne pourrait plus être employée si la direction du mouvement rectiligne était parallèle à l'axe. Dans ce cas, il faudrait transformer le mouvement circulaire en un autre mouvement circulaire dans une direction perpendiculaire au moyen d'une roue d'angle, puis employer la bielle comme ci-dessus. On pourrait aussi employer la transformation représentée (fig. 1595), où la tige qui doit recevoir un mouvement rectiligne presse contre des plans inclinés formés sur l'épaisseur de la roue mue circulairement. La vitesse dépend du nombre et de la longueur de ces plans inclinés. Cette solution rentre dans la série des courbes en cœur dont nous allons parler.



1595.

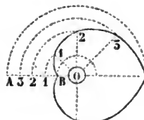
La bielle fournit très bien la solution inverse de transformer le mouvement rectiligne alternatif en circulaire continu, pourvu que sur l'axe soit monté un volant qui entraîne un peu au-delà des points morts, les points d'attache de la manivelle. Ces points morts sont évidemment ceux qui correspondent aux extrémités du diamètre parallèle aux guides du mouvement rectiligne où l'action devient directe et ne détermine plus la rotation.

EXCENTRIQUES. Les excentriques sont employés très fréquemment pour transformer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif. Ils consistent en une courbe tournant autour d'un axe qui n'est pas placé au centre de figure. Une barre guidée et dont l'extrémité repose sur la courbe ou un anneau entourant un cercle qui ne tourne pas autour de son centre (fig. 1596), prendront un mouvement rectiligne de va-et-vient par la rotation de l'axe.

L'étendue de ce mouvement sera mesurée par la différence qui existera entre le plus grand et le plus petit rayon de l'excentrique. Quant à la loi du mouvement rectiligne, elle sera en raison de la forme de la courbe, et c'est un des principaux avantages de cette forme de communication de mouvement, celle qui la fait employer le plus souvent dans des machines opératrices que cette variation de vitesse et, par suite, de pressions qu'il est possible d'obtenir suivant une loi quelconque en variant convenablement la forme de la courbe, de manière à opérer une action déterminée



1596.



1597.

quelque compliquée qu'en soit la loi, et d'imiter par exemple, dans certains cas, le travail intelligent de la main de l'ouvrier.

Un autre avantage qu'offre l'excentrique, c'est que son action est continue et que la variation de la vitesse qu'il imprime étant également continue et partant de zéro, il agit sans choc, ce qui le rend préférable toutes les fois qu'il est possible de l'employer aux organes qui agissent par chocs.

Enfin la résistance considérable que présente cet organe permet de l'employer pour obtenir des efforts très considérables, notamment dans certaines presses, découpoirs, etc.

Tout ceci explique suffisamment le fréquent usage de l'excentrique, dont les dispositions peuvent être variées à l'infini.

Un des modes d'emploi les plus fréquents est celui des courbes dites en cœur produisant une ou plusieurs

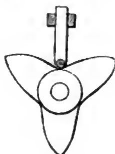
levées d'une tige suivant une loi déterminée pour chaque tour de l'axe.

Si le mouvement de va-et-vient doit être uniforme, le point B (fig. 1597) de la droite B A devra successivement occuper les positions B. 1, 2, 3, supposées des parties égales du mouvement total. Si, du point O comme centre, on décrit les cercles O 1, O 2, O 3, et que l'on divise la circonférence OB en un même nombre de parties égales que le mouvement rectiligne de la barre BA, la rencontre des rayons passant par les points de division avec les circonférences décrites indiquera les points par lesquels devra passer la courbe qui satisfera à la condition de communiquer un mouvement uniforme à la ligne B A.

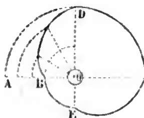
On a soin d'arrondir les angles tels que celui existant en B pour qu'il n'y ait pas d'arc-boutement.

Si, pour un même tour de l'axe, on devait obtenir plusieurs mouvements, on y parviendrait facilement par l'emploi de plusieurs courbes en cœur réunies (figure 1598).

Supposons, pour dernier exemple, qu'il faille obtenir diverses intermittences dans le mouvement; la



1598.



1599.

courbe en cœur serait encore facilement tracée : par exemple qu'il fallût (fig. 1599) que dans le premier quart de tour le point B marchât uniformément jusqu'en A, que, dans le second quart, il y eût intermittence, que, dans le troisième quart, le point B revînt uniformément de A en B, puis qu'enfin dans le quatrième quart, il y eût de nouveau intermittence. Les parties BD, CE, se traceraient, comme nous l'avons vu pour le mouvement uniforme, et les parties DC, BE, seraient des axes de cercle ayant leur centre en O et ne pouvant, par suite, imprimer aucun mouvement résultant d'excentricité.

Les courbes en cœur ne doivent être employées pour mener des tiges rectilignes que pour des pressions peu considérables et pour de petites vitesses. En effet, la pression de la courbe sur le galet dont on a soin de munir la tige mise en mouvement, ne s'exerce pas dans le sens du mouvement rectiligne de ce galet, conséquemment il en résulte une pression considérable de la courbe sur le galet et du galet contre la rainure dans laquelle il est guidé, surtout dans les changements de direction.

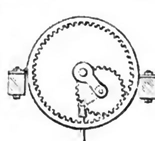
Les excentriques n'agissant, le plus souvent, que pour pousser, on emploie des ressorts et quelquefois le poids des pièces pour les faire revenir à leur première position, quelquefois aussi un autre excentrique agissant inversement du premier.

Organes divers. Nous ne citerons que pour mémoire, à cause de leur emploi peu fréquent et désavantageux, à cause des frottements :

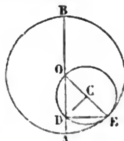
1° *Le système dû à Lahire* (fig. 1600), qui consiste à faire mouvoir, dans une grande roue dentée intérieurement, une petite roue dentée d'un diamètre égal à la moitié de celui de la première. Chacun des points de la circonférence de la petite roue décrit un diamètre de la première et peut, par suite, imprimer un mouvement de va-et-vient à une tige qui y est fixée. C'est ce qu'il est facile de démontrer.

En effet, soit D (fig. 1601) un point quelconque pris sur le diamètre de la grande roue, et ODE une circonférence passant par ce point et ayant pour diamètre OE = 1/2 AB.

Le point E étant le point de contact de la petite circonférence, il faut, pour que la propriété énoncée ait lieu,



1600.



1601.

que l'arc DE soit égal à l'arc AE, car alors la petite circonférence, roulant dans la grande et partant du point A, a transporté ce point en D.

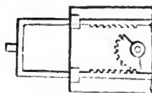
En effet, arc AE = angle AOE $\times$ R.
arc ED = angle ECD $\times$ 1/2 R.

Or l'angle AOE = 1/2 angle ECD, puisque le triangle DCO est isocèle, et l'angle en O = celui en D, donc arc AE = arc ED, qui a pour mesure 2 angles AOE $\times$ 1/2 R ou précisément angle AOE $\times$ R.

2° *L'emploi d'une partie de pignon* (fig. 1602) engrenant dans un rectangle denté, d'où résulte, pour celui-ci, un mouvement de va-et-vient.

La fig. 1603 représente une autre disposition de même nature employée par quelques constructeurs dans des machines-outils. Le pignon engrène avec les petits cylindres disposés en ligne droite.

L'axe *b* de ce pignon a la faculté de glisser dans une coulisse verticale d'une quantité suffisante pour



1602.



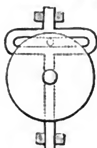
1603.

que le pignon puisse engrener en dessus et en dessous des petits fuseaux, de sorte que quand le train est à l'extrémité de sa course, soit à gauche, soit à droite, le pignon tournant toujours et portant sur le dernier cylindre traverse et vient engrener au côté opposé à celui où il était auparavant. Ces fuseaux sont mobiles et suffisamment espacés pour que, l'un d'eux étant enlevé, le pignon puisse passer entre les deux fuseaux adjacents à celui-là; de cette manière, on règle la course à volonté avec la plus grande facilité.

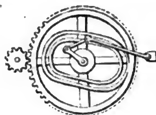
3° *Les rainures* appartenant à la tige qui doit posséder un mouvement de va-et-vient dans laquelle se meut un galet assemblé avec la roue qui est animée d'un mouvement circulaire continu (fig. 1604).

Si l'on veut que le mouvement de la tige soit uniforme, la rainure, au lieu d'être rectiligne, doit être courbe. Ces rainures peuvent être aussi tracées sur la roue qui possède le mouvement circulaire continu,

comme le représente la fig. 1605, et peuvent faire naître un mouvement rectiligne assujetti à une loi déterminée.



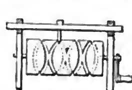
1604.



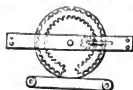
1605.

4° Les *rainures* tracées sur un cylindre tournant autour d'un axe et dans lesquelles s'engage l'extrémité d'une tige assemblée avec la tige à mouvoir maintenue d'ailleurs avec des guides. Les rainures devront être héliçoïdales pour que le mouvement de progression de la tige soit proportionnel au mouvement de rotation du cylindre, et formées d'hélices en sens opposés pour permettre l'aller et le retour (fig. 1606).

5° Les *engrenages* peuvent aussi servir à transformer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif.



1606.

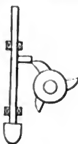


1607.

Soit l'axe d'un pignon (fig. 1607) fixé à une pièce plate qui porte l'axe d'une partie de roue dentée, et pouvant se mouvoir dans une rainure pratiquée dans cette pièce. Si au moyen d'une courroie placée autour du grand plateau portant la roue dentée, on fait tourner celui-ci, le pignon engrenant avec la circonférence extérieure, puis avec les extrémités dentées, passera à l'intérieur pour repasser à l'extérieur par l'autre extrémité. Son axe parcourant la rainure prendra donc ainsi un mouvement rectiligne alternatif par l'effet d'un mouvement circulaire continu.

6° La vitesse variable d'un axe peut servir à déterminer un mouvement rectiligne assujetti à la même loi de variation au moyen du pendule conique (voir plus loin RÉGULATEUR). Les deux boules pesantes, éloignées ou rapprochées de l'axe, suivant les variations de la force centrifuge que fait naître la vitesse de rotation de l'axe, entraîneront le collet qui entoure celui-ci et lui feront prendre un mouvement rectiligne alternatif. Watt a appliqué cet appareil à la machine à vapeur pour régler le robinet d'entrée de la vapeur.

7° *Cames*. Les divers appareils ci-dessus s'appliquent aux transmissions continues. Celles intermittentes se produisent par l'action de cames agissant, soit sur des mentonnets, soit sur des entailles des tiges guidées verticalement. Tel est le cas des pilons (fig. 1608); le tracé des cames qui les font mouvoir sont assujettis aux mêmes conditions que les dents des engrenages.



1608.

8° *Encliquetages*. Il est un cas de la transformation réciproque de celle ici traitée qui présente un grand intérêt. C'est la transformation du mouvement rectiligne, alternatif, au moyen d'un encliquetage, en circulaire intermittent, ce qui donne le moyen de communiquer, à l'aide du mouvement continu des pièces principales de la machine, un mouvement intermittent à d'autres pièces.



1609.

Il se compose (fig. 1609) d'une roue à rochet sur les dents de laquelle vient agir une dent terminant la pièce (ayant un mouvement rectiligne alternatif déterminé par un galet qui se meut dans une rainure) articulée à son extrémité de manière à pouvoir se plier pour surmonter les dents en revenant, après les avoir poussé en allant; action que reproduit inversement la seconde dent en forme de crochet. Suivant la longueur du mouvement rectiligne, il est clair qu'on fera tourner la roue d'une ou plusieurs dents par chaque période de mouvement.

V. Circulaire alternatif en circulaire alternatif.

Tous les organes qui servent à transformer le mouvement circulaire continu en circulaire continu, en ne les faisant agir que pendant un espace de temps, peuvent servir à cette transformation dans des plans et des vitesses quelconques; nous ne parlerons ici que de quelques solutions spéciales du problème.

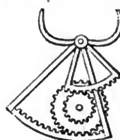
Balancier. Un levier oscillant sur son axe établit cette transmission par le seul effet de sa rigidité (fig. 1610). C'est ainsi que la communication a lieu dans les balanciers de tout genre. C'est le moyen presque toujours employé lorsqu'on peut employer le même axe pour les deux mouvements.



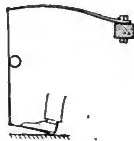
1610.

En terminant les pièces qui doivent se mouvoir réciproquement par des fractions de roues dentées, on communique le mouvement avec les vitesses voulues.

Un semblable usage des engrenages est fait dans le système (fig. 1611) employé dans une machine à recéper les pieux.

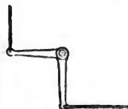


1611.

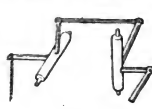


1612.

Le tour en l'air (fig. 1612) employé dans le travail du bois offre une transformation de cette nature. La réaction du ressort et l'action de la corde enroulée



1613.



1614.

transforment en mouvement circulaire alternatif le mouvement de même nature de la pédale.

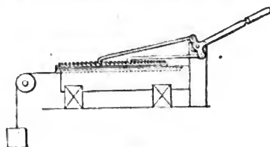
Pour transmettre le mouvement soit dans un même plan (fig. 1613), soit dans un autre plan (fig. 1614), on emploie des leviers coudés formant l'appareil dit *mouvement de sonnette.*

VI. Circulaire alternatif en rectiligne continu.

MM. Lantz et Bétancourt, dans leur désir de fournir une solution complète, indiquent pour organe de cette transformation un levier portant deux crochets qui viennent accrocher des dents formées à la pièce qui doit se mouvoir en ligne droite et l'élèvent ainsi à chaque mouvement du levier. Certes, pas un mécanicien ne voudrait employer cet appareil, à peine bon pour quelques ustensiles de ménage.

On peut disposer cet encliquetage, d'une manière plus convenable, ainsi que le représente la fig. 1615.

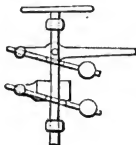
Une crémaillère à dents obliques reçoit deux crochets dont les extrémités sont assemblées à une traverse tour-



1615.

nant autour du même axe qu'un levier avec lequel elle est assemblée. Le mouvement circulaire alternatif du levier fera, à chaque demi-oscillation, engrener une des dents et opérera la traction par l'autre.

L'encliquetage par pression agit de la même manière. La fig. 1616 montre comment le construit M. Saladin. Il se compose d'un bâti auquel sont fixées deux douilles servant de guides à une tige ronde. Entre les douilles est fixé un pivot sur lequel s'assemble le levier ayant un mouvement circulaire alternatif. A une extrémité de ce levier est fixé un second petit levier portant un anneau dans lequel passe la tige; un troisième petit levier placé sur le bâti porte également un anneau dans lequel passe aussi la tige. Lorsqu'on met en mouvement le grand levier pour faire monter la tige ronde, le second levier, placé au bout, tend à descendre par son poids : mais comme il est retenu par un côté, il s'incline et enlève la tige, par suite de l'obliquité de la traction. Le second anneau placé sur le bâti et agissant en sens contraire de l'autre, retient la tige pendant que le levier reprend sa première position, et *vice versâ.*



1616.

La véritable transformation usitée dans les machines consiste à transformer le mouvement circulaire alternatif en circulaire continu, au moyen d'une bielle et d'une manivelle, et celui-ci en mouvement rectiligne, au moyen d'une crémaillère ou d'une corde s'enroulant sur un arbre.

Dans quelques cas où le mouvement rectiligne est de peu de longueur, comme dans les découpoirs, on transmet directement le mouvement en faisant agir l'extrémité de levier sur la tête de l'outil, guidé de manière à se mouvoir en ligne droite.

VII. Circulaire alternatif en rectiligne alternatif.

Le mouvement circulaire alternatif produit un mouvement rectiligne alternatif par tout système d'assemblage entre les deux pièces mouvantes, et de guides pour la partie qui doit se mouvoir en ligne droite. Ainsi, une corde ou chaîne adaptée à l'extrémité d'un balancier, forment, avec l'aide d'un contre-poids, cette communication. Une partie de roue dentée et de crémaillère produisent encore cet effet.

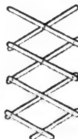
Nous avons déjà donné (fig. 1513) un exemple de cette transformation à l'aide de corde, dans l'archet employé par les serruriers, pour donner un rapide mouvement de rotation au foret, par le mouvement de va-et-vient de la main, dans une direction perpendiculaire au mouvement rectiligne.

Le parallélogramme de Watt est le guide le plus parfait pour ce genre de mouvement (voir plus loin), aussi est-il souvent employé pour la transmission de grandes forces.

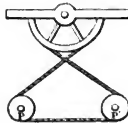
La plupart des systèmes qui servent à produire le mouvement rectiligne continu, au moyen du mouvement circulaire continu, peuvent servir pour la transformation qui nous occupe.

La fig. 1617 représente le zig-zag dans lequel le mouvement rectiligne alternatif est produit à une extrémité par le mouvement circulaire alternatif des deux leviers de l'autre extrémité.

La fig. 1618 représente encore un appareil dans lequel le mouvement rectiligne alternatif d'une barre



1617.



1618.

produira le mouvement circulaire alternatif des deux poulies P, P'.

VIII. Rectiligne continu en rectiligne continu.

Tout système de pièces rigides permet de transmettre à distance le mouvement rectiligne continu, et de produire un mouvement de même nature, de même direction et de même vitesse.

Pour le transmettre dans un plan et dans une direction différente de la première, on emploie les cordes et poulies, organe qui, à cause de la flexibilité de la corde, permet de transmettre l'effort dans toute direction dans le même plan ou dans des plans différents en employant un système de trois poulies convenablement inclinées.

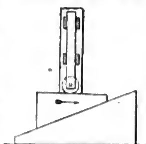
Pour modifier la vitesse du mouvement on emploie le système de cordes et poulies, connu sous le nom de *moufle* (fig. 1619), dans lequel la vitesse de la résistance est la $n^{ième}$ partie de la vitesse de la puissance quand il y a n cordons. Ce système permet donc de développer de grands efforts, mais les avantages qu'il offre sont limités par la résistance qu'oppose la roideur des cordes et la con-



1619.

sommation de travail nécessaire pour les enrouler autour des poulies.

Le *plan incliné* peut servir à transformer le mouvement rectiligne continu en rectiligne continu dans un plan perpendiculaire et avec une vitesse quelconque dépendant de l'inclinaison du plan. Tel est le système (fig. 1620) dans lequel les parties auxquelles le mouvement est communiqué, sont astreintes par des guides à ne se mouvoir qu'en ligne droite.

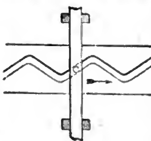


1620.

IX. Rectiligne continu en rectiligne alternatif.

Il n'y a pas de bonne solution directe de cette transformation, mais on peut toujours transformer le mouvement rectiligne continu en circulaire continu par un des moyens exposés plus haut; puis transformer celui-ci en rectiligne alternatif.

La fig. 1621 représente une solution directe. Des rainures inclinées, pratiquées dans la pièce, ayant un mouvement rectiligne continu, et guidant une cheville adaptée à une pièce ne pouvant prendre qu'un mouvement rectiligne, communiqueront à celle-ci un mouvement rectiligne alternatif.

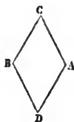


1621.

X. Rectiligne alternatif en rectiligne alternatif.

Un système rigide transmet ce mouvement dans une même direction.

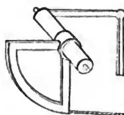
Les poulies ne peuvent fournir cette transformation dans une direction quelconque qu'à l'aide de contrepoids ou autre système analogue, qui quand la force change de sens, entraîne la corde, puisque celle-ci ne peut transmettre que des tractions. Nous citerons la solution particulière de cette transmission représentée figure 1622, pour les cas où les deux mouvements rectilignes doivent être à angle droit.



1622.

Soit le losange A B C D, et où l'on donne à deux sommets A, B, un mouvement rectiligne alternatif, les deux sommets C, D, auront le même mouvement dans une direction perpendiculaire à la première. On a établi des presses sur ce principe. On peut tracer le losange de telle sorte que les mouvements des sommets verticaux soient dans un rapport quelconque avec ceux des sommets horizontaux.

Généralement, le mouvement rectiligne alternatif est transformé en circulaire continu ou alternatif, pour être de là transformé de nouveau en rectiligne alternatif; on dispose le mouvement circulaire de manière à obtenir les variations de vitesses dont on a besoin.



1623.

La transformation de ce mouvement est réellement, dans presque tous les cas, une transformation en circulaire qui produit le rectiligne par l'effet de guides, qui ne permettent le mouvement qu'en ligne droite ou en agissant par l'intermédiaire de cordes passant sur une poulie. Tel est le cas de la transformation (fig. 1623) par l'effet de l'arc de cercle sur lequel s'enroule la corde, mais la transformation en circulaire est évidemment le point de départ comme dans la plupart des cas.

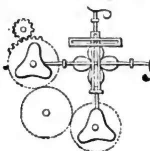
Mouvement quelconque continu ou alternatif en mouvement quelconque, d'après une courbe donnée et réciproquement.

Le mouvement, d'après une courbe donnée, est rarement employé dans les machines. La raison en est dans les résistances qui accompagnent nécessairement ce genre de mouvement. En effet, il ne suffit plus ici, comme dans le mouvement circulaire, d'assujettir des axes dans des coussinets; il faut, en général, faire mener la pièce qui doit avoir ce mouvement par une cheville assujettie dans une rainure ayant la forme de la courbe donnée.

C'est assez dire combien il en résulte de résistances de toute nature, aussi les moteurs n'agissant pas suivant des courbes, jamais on ne donne semblable mouvement aux organes de communication; il s'ensuit qu'il n'est employé que pour les opérateurs.

Or, tout mouvement pouvant se transformer en mouvement circulaire continu, mouvement type des machines on voit qu'en réalité le problème se réduit à transformer un mouvement circulaire continu en mouvement d'après une courbe donnée.

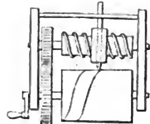
Comme l'observent MM. Lantz et Bétancourt, on peut toujours supposer que le mouvement, suivant une courbe quelconque résulte des mouvements circulaires de deux axes conduisant deux courbes sur lesquelles s'appuient des règles assujetties à rester constamment parallèles (figure 1624).



1624.

Ces règles forment deux coordonnées dont l'intersection décrit la courbe voulue; si, par exemple, elles portent toutes deux des rainures, un crayon placé à leur rencontre tracera cette courbe. Cet organe ne peut guère être de bon usage, généralement on se contente, dans le petit nombre de cas où il faut réaliser le mouvement qui nous occupe, de faire mouvoir circulairement un plan dans lequel est tracée la courbe voulue, et d'astreindre par une cheville la pièce qui doit suivre ce mouvement, guidée d'ailleurs, de manière à ne pouvoir tourner avec l'axe et à ne pas s'en écarter.

Il est un cas important qui doit être cité, c'est celui où il s'agit de tracer une hélice à la surface d'un cylindre, comme cela a lieu dans la machine qui sert à fileter les vis (figure 1625).



1625.

Dans ce cas, on décompose le mouvement en deux parties, l'un de rotation, l'autre de translation; ainsi, pour la machine à fileter, on donne au cylindre sur lequel doit être formée l'hélice, un mouvement rectiligne de translation dans la direction de son axe, pendant que l'outil tourne autour; ou l'on peut le faire tourner

sur son axe pendant que l'outil parcourt une ligne parallèle à l'axe du cylindre. Ce dernier moyen, le plus commode, est préféré dans les machines à fileter. Le mouvement de translation est imprimé à l'outil guidé entre des barres parallèles par une vis qui le porte, et qui est mue par un engrenage en même temps que le cylindre. Les vis de différents pas seront donc faites par cette machine en variant les rapports des rayons des roues d'engrenage, et par suite ceux de la vitesse de rotation du cylindre et de translation de l'outil.

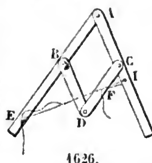
Si le mouvement initial était un mouvement rectiligne on parviendrait à déterminer le mouvement suivant une courbe, en fixant à la partie en mouvement des règles portant des sinuosités convenables servant de guides pour communiquer le mouvement suivant ces courbes.

Mouvement d'après une courbe donnée, en mouvement d'après une autre courbe.

Comme nous l'avons dit, le mouvement d'après une courbe ne sert, en général, dans les machines que pour donner à l'outil des mouvements nécessités par la nature du travail et ne peut être employé pour des communications de mouvement. Le problème indiqué ci-dessus devra donc, en général, se diviser en transformation du premier mouvement en circulaire continu; puis transformation de ce dernier en mouvement d'après une courbe.

Nous citerons cependant l'organe ci-dessous fort employé dans les arts graphiques, et qui est une solution du problème, quand les deux courbes sont dans un même plan et que la seconde courbe doit être semblable à la première.

Cet instrument est le pantographe (fig. 1626). Il se compose de deux règles articulées en un point A. Aux points B et C sont articulées deux autres règles, telles que AB = AC = BD = CD. Quelque soit l'angle en A, ces quatre lignes formeront un losange. I, étant le pivot autour duquel tourne le système, F, un traçoir assujetti à suivre les contours du dessin; le point E, en lequel sera placé un crayon tracera des figures semblables à la première; ce qu'on démontre facilement. En effet, quelle que soit la position des branches on aura toujours à cause de la similitude évidente des deux triangles EAI, FCI, EI : FI : : AC : CI, le rapport restera donc constant puisque les deux derniers termes sont constants, donc tous les éléments des courbes seront semblables et par suite celles-ci.



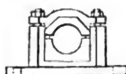
1626.

Organes directeurs du mouvement.

La plupart des organes que nous venons de passer en revue ne fonctionnent, qu'autant qu'ils sont guidés, de manière à prendre la direction convenable. La résultante des forces agissant sur une partie quelconque d'une machine, tend généralement à lui faire quitter la place qu'elle occupe et à lui imprimer un mouvement dont la direction est différente de celle qu'on veut obtenir. On remédie à cet inconvénient en guidant la pièce par des parties fixes qui s'opposent à l'action des composantes nuisibles, ce qui fait naître un frottement qu'il faut chercher à diminuer par les dispositions les plus convenables.

1° *Mouvement circulaire. — Axe horizontal.* Pour ce mouvement, les coussinets (fig. 1627) brident l'axe et ne peuvent lui laisser prendre aucun autre mouvement que le circulaire, tant par l'effet de la bride de la partie supérieure du coussinet pour éviter l'enlèvement, que parce que l'axe étant réduit à un diamètre moindre pour la partie qui entre dans le coussinet, il en résulte, près de celui-ci, un épaulement qui empêche le déplacement latéral.

Il faut deux coussinets pour guider un axe horizontal. Pour un axe vertical on emploie un collet et un pivot reposant sur une crapaudine (fig. 1628). En faisant


1627.


1628.

ces deux parties de corps très durs, on peut diminuer beaucoup les surfaces frottantes et par suite le chemin parcouru par le frottement.

Les pivots sont peu employés horizontalement, parce qu'ils ne sauraient empêcher le soulèvement de l'axe.

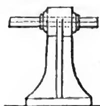
Pour des pièces très légères, on emploie les espèces de coussinets qui constituent l'organe bien connu, appelé charnière (fig. 1629).


1629.

2° *Mouvement rectiligne.* En général, la pièce mouvante, de dimensions constantes dans le sens du mouvement, est plus ou moins enveloppée par des parties fixes qui empêchent toute action latérale.

C'est par des ajustements de cette nature que se guident la majeure partie des pièces mouvantes des machines-outils. Ils sont trop simples et leur nombre trop considérable pour qu'il y ait intérêt à s'y arrêter longuement. Nous dirons seulement que dans l'établissement de ces guides, on doit : 1° envelopper le plus complétement possible la pièce mouvante pour éviter les déviations : 2° guider surtout avec soin les extrémités de la pièce mouvante prolongée, s'il est possible, afin de diminuer l'obliquité qui résulte toujours du jeu nécessaire à un mouvement facile.

Les guides causant toujours une perte de force notable par suite du frottement, il faut rendre celui-ci aussi faible que possible, en ayant soin de le faire naître entre

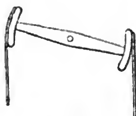

1630.


1631.

parties très polies et très dures. Tels sont les glissoirs où les parties frottantes sont en acier trempé pour des pièces carrées, des trous alésés avec soin (fig. 1630) pour des pièces rondes. Souvent on transforme le frot-

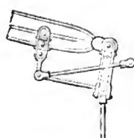
tement de glissement en frottement de roulement, quand cela est possible ; on y parvient en munissant la pièce mobile de roulettes ou de galets dont la gorge enveloppe des parties fixes (fig. 1631).

Watt a employé un système particulier pour guider la tige du piston des machines à vapeur qui doit rester rectiligne. Le système employé dans les premières machines atmosphériques (fig. 1632) consistait dans l'emploi de chaînes s'enroulant plus ou moins autour d'un secteur dont l'extrémité du balancier était munie. Ce système, qui ne pouvait servir pour une machine à double effet, a été remplacé par le parallélogramme de Watt, qui ne fait naître que des frottements dans des articulations, frottements toujours moindres que ceux qui auraient lieu contre des guides fixes.

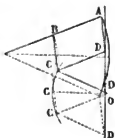


1632.

Au lieu de fixer la tige du piston à l'extrémité du balancier de la machine à vapeur, Watt l'assemble à l'angle extérieur D d'un parallélogramme (fig. 1633) fixé sur ce balancier ; puis il assujettit le sommet C de ce parallélogramme à se mouvoir sur une circonférence



1633.

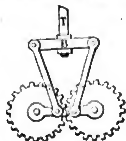


1634.

passant par les positions de cet angle aux deux extrémités et au milieu de la course du piston (fig. 1634), le point D restant en ligne droite ; ce qui est facile à exécuter en assemblant au moyen d'une tringle ce sommet C à un point fixe O, centre du cercle ainsi déterminé.

Dans toutes les positions intermédiaires, la position de la tige variera quelque peu au-delà et en deçà de la verticale, mais dans des limites fort restreintes, et que compense le jeu des articulations et l'élasticité de la pièce. (Voyez DIFFÉRENTIEL (MOUVEMENT).

Balancier de Cartwight. Ce système est remarquable par l'emploi des engrenages comme guides du mouvement rectiligne. Il se compose (fig. 1635) d'une pièce B assemblée d'équerre à l'extrémité de la tige du piston et des extrémités desquelles partent deux bielles faisant tourner des roues dentées qui engrènent entre elles. Ces roues étant égales, les deux extrémités de la barre B descendent à chaque instant d'une quantité égale et la tige T a un mouvement rectiligne. Si une des roues était plus petite que l'autre, le nombre des tours de chaque roue, pendant un même espace de temps, n'étant plus le même, la tige T oscillerait. On pourrait encore employer cependant ce système pour obtenir un mouvement rectiligne en articulant la barre B sur la tige T, et guidant celle-ci par des glissières ou des galets, mais toujours avec un frottement très nuisible.



1635.

Le premier système vient d'être employé récemment avec un grand avantage, par Ericson, pour transmettre directement l'action de la machine à vapeur aux vis jumelles de grand diamètre qu'il a imaginé d'employer pour faire mouvoir les bateaux à vapeur, vis dont les axes sont montés sur les deux roues qui engrènent ; dans ce cas, les engrenages servent de guides et de régulateurs, mais ne sont pas des organes de transmission.

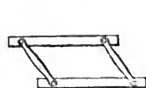
On doit encore considérer comme guides de mouvement rectiligne, c'est-à-dire comme appareils déterminant la pièce mouvante à rester toujours parallèle à elle-même.

1636.

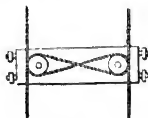
1° Les *chemins de fer* à bandes saillantes avec roues à rebords intérieurs (fig. 1636), ou à ornières recevant les roues. Leur emploi est fréquent dans les machines.

2° L'*appareil dit des règles* parallèles (fig. 1637) composé de deux règles réunies par deux traverses égales et pouvant tourner autour de points fixes.

3° L'*appareil des Mull-Jenny* (fig. 1638) qui a satisfait complètement au problème difficile de faire mouvoir le chariot perpendiculairement à la ligne des bobines, dans un parallélisme parfait pour que tous les fils restent également tendus. Le chemin de fer sur lequel est posé le chariot ne guidant pas d'une manière suffisante, deux cordes tendues dans une direction



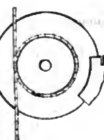
1637.



1638.

parallèle à celle du mouvement sont enroulées autour de deux poulies fixées invariablement au chariot, de manière à décrire chacune un Z. En s'avançant et en reculant, les cordes exercent sur les poulies un effort qui croîtrait rapidement par la moindre obliquité. Les résultats de cet appareil sont d'une merveilleuse exactitude, que l'expérience fait apprécier chaque jour.

Pour guider un corps et le forcer à suivre une courbe déterminée, on l'assujettit, en général, à un support porté par des galets se mouvant sur la courbe voulue, tracée soit en relief, soit en creux. On peut pour la forme circulaire assembler le corps sur les pourtours d'un plateau ayant la forme voulue. Telle est la disposition employée (fig. 1639) pour scier les jantes des roues circulairement. La pièce de bois est placée sur un plateau circulaire pour être soumise à l'action de la scie, et à mesure du travail de celle-ci, le plateau tournant au moyen de chaînes, la scie débite les jantes circulairement



1639.

Résumé.

Si l'on étudie avec soin la nature des organes élémentaires de transformation du mouvement, on reconnaît facilement qu'ils se composent d'éléments simples de deux natures, dont les combinaisons diverses produisent tous les organes que nous venons de passer en revue.

I. Les éléments servant à transformer le mouvement, à faire varier les vitesses, éléments essentiellement simples, et qui par suite ne peuvent être qu'une des machines simples, c'est-à-dire :

1° Le levier droit et coudé (*balancier, pédale, manivelle*, etc.) ;

2° Le tour (*poulies, treuil, arbres de rotation*, etc.) ;

3° Le plan incliné (*surfaces curvilignes, vis, excentriques*, etc.).

II. Les éléments qui permettent de rendre solidaires les deux parties de la machine entre lesquelles s'opère la transformation du mouvement. On peut les diviser en quatre séries.

1° Ceux qui ont pour base le frottement résultant d'une pression qui fait communiquer le mouvement entre deux parties en contact ou à distance par l'intermédiaire de cordes ou courroies.

2° Les saillies fixes d'une pièce correspondant à des cavités dans l'autre pièce, qui rendent solidaires les deux pièces dont l'une entraîne l'autre nécessairement ; tels sont les engrenages, crémaillères, cames, les chaînes de Vaucanson, etc.

3° Les aspérités mobiles donnant naissance aux encliquetages, etc.

4° Les guides et articulations (les premiers faisant naître le mouvement rectiligne, et les seconds le mouvement circulaire autour de chaque joint dans un seul sens) ne permettant le mouvement que suivant une direction déterminée.

Il est facile de voir en prenant au hasard un des organes de transformation décrits ci-dessus, qu'il se décompose facilement en un ou plusieurs de ces éléments.

TROISIÈME SECTION.

Organes servant à modifier le mouvement et à disposer les éléments dans un ordre déterminé.

Les organes de transformation, qui ne se rapportent qu'à la direction du mouvement, ne sont pas les seuls organes des machines, grand nombre d'autres leur sont également nécessaires ; nous les diviserons en deux séries principales :

Première série. Ceux qui servent à donner au mouvement les conditions propres au bon emploi des machines pour effectuer le travail. Nous les diviserons en :

1° *Organes de mise en mouvement ;*

2° *Organes servant à la régularisation du mouvement ;*

3° *Organes d'impulsion, d'accélération ;*

4° *Organes de réaction ;*

5° *Organes d'arrêt, d'intermittence, dans l'effet de la force.*

Deuxième série. Ceux-ci se rapportent à la géométrie de position des organes et des éléments sur lesquels on opère. Ces derniers paraîtraient *à priori* devoir être placés dans la série des opérateurs, mais l'importance de la résistance dynamique y est tellement moindre que celle de la disposition géométrique des organes qui servent à effectuer le travail, qu'ils doivent être rangés ici ; c'est ainsi qu'on a toujours considéré le mouvement des aiguilles d'une montre au point de vue géométrique, et non comme surmontant la résistance qui s'oppose à leur mouvement. Nous distinguerons :

6° *Organes produisant la disposition des objets en ligne droite ;*

7° *Organes produisant la disposition des objets en ligne courbe ,*

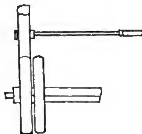
8° *Organes servant à produire l'entrelacement ;*

9° *Organes séparateurs, classificateurs et diviseurs.*

I. Organes de mise en mouvement.

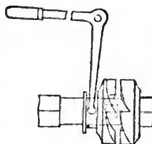
Le récepteur étant généralement amené à fournir le mouvement circulaire à un axe, on emploie plusieurs moyens de transmettre ou de suspendre à volonté l'action de l'arbre principal ou d'arbres secondaires mis en mouvement par celui-ci sur d'autres axes de rotation :

1° *Poulie folle.* Quand les forces transmises sont peu considérables (le travail pouvant cependant être assez grand si la vitesse est grande), la communication se faisant en général au moyen d'une courroie entourant le tambour mû par le récepteur et une poulie montée sur l'axe à mouvoir, on emploie avec avantage une poulie folle (fig. 1640). C'est une poulie montée sur l'arbre à côté de celle qui transmet le mouvement, mais avec cette différence qu'au lieu d'y être assemblée, elle tourne librement. En poussant la courroie au moyen d'une fourchette terminée par un levier que l'on meut horizontalement, on la fait passer de la poulie fixe à la poulie folle. Le mouvement de la courroie continue sans éprouver de résistance et sans entraîner l'axe qui passe ainsi à l'état de repos et repasse à l'état de mouvement en opérant à l'inverse. Un des grands avantages de ce système, outre sa simplicité, consiste en ce que la courroie, en repassant sur la poulie fixe au lieu de surmonter par un choc brusque la force d'inertie, glisse et ne surmonte que peu à peu la résistance opposée, de manière que le mouvement n'a lieu avec toute sa vitesse qu'après un temps appréciable et sans choc.

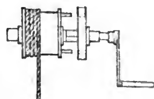


1640.

2° *Embrayage.* Quand la force à transmettre est plus grande, on emploie l'embrayage. La fig. 1641 fait comprendre facilement ce mécanisme. Elle représente 2 axes mis bout à bout : l'un porte une roue fixe dentée sur son plat, et l'autre une roue semblable, mais dentée inversement, qui glisse sur l'axe, en étant toutefois forcée de tourner avec lui à cause de saillies horizontales de l'arbre qui pénètrent la roue. En faisant mouvoir cette seconde roue au moyen du levier adapté au collet qui



1641.



1642.

l'entoure, le deuxième arbre sera entraîné par le premier, ou restera en repos suivant que les deux roues seront réunies ou séparées.

Cet effet peut être obtenu autrement que par les roues de l'organe ci-dessus. Des mentonnets adaptés à la partie glissante et venant rencontrer des trous dans

l'autre partie (fig. 1642), ou bien encore la partie glissante construite en forme de manchon, venant envelopper l'extrémité polygonale de la partie à mouvoir, telles sont les formes les plus fréquemment employées.

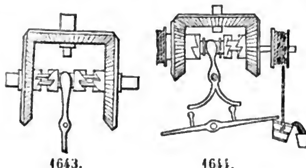
Ce dernier moyen est le plus employé quand il s'agit de grandes forces, mais en général il y a toujours quelque danger de rupture dans cette réunion subite de parties en mouvement et de corps en repos; au reste, il est rare qu'il y ait lieu de les employer pour les parties de la machine destinées au travail principal qu'elle doit accomplir, puisque, dans ce cas, le plus simple est d'agir sur la force motrice elle-même.

Ces deux organes sont mis en jeu par le mouvement alternatif du levier que porte la fourchette entourant la poulie ou le manchon d'embrayage.

C'est bien souvent à la main qu'on fait mouvoir le levier guidant le manchon d'embrayage qui détermine le mouvement d'une partie de machine. On le fait quelquefois aussi mouvoir par les organes décrits plus loin, les régulateurs, pour proportionner l'action du moteur à l'intensité de la résistance.

Enfin, dans quelques circonstances, ce sont les parties mouvantes de la machine qui viennent mettre en jeu l'embrayage. Tels sont les deux systèmes (fig. 1643 et 1644) qui constituent, le premier un organe de changement de direction du mouvement circulaire continu, changement qui peut être périodique et par suite engendrer le circulaire alternatif; l'autre la production du mouvement rectiligne alternatif au moyen de deux mouvements circulaires ayant lieu en sens contraire.

La fig. 1643 représente une roue d'engrenage montée sur un arbre ayant un mouvement circulaire continu. Cette roue engrène avec deux autres roues folles sur leur arbre, mais qui peuvent être assemblées avec



1643. 1644.

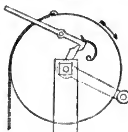
lui par le mandrin d'embrayage. Elles tournent évidemment toutes deux en sens contraire, et par suite entraîneront l'arbre dans un sens ou dans l'autre, suivant la position de l'embrayage.

Dans le cas représenté dans la fig. 1644, le mouvement circulaire produit sur l'axe horizontal sert à élever, au moyen de poulies, les cordes soutenant deux seaux. On termine la branche du levier qui guide l'embrayage par une fourche dont les extrémités pourront être atteintes par des saillies placées sur une barre horizontale; un seau en s'élevant rencontre l'extrémité du levier, ce qui le fait basculer et le force à se vider en même temps que la saillie placée sur la barre fait basculer le levier qui guide le manchon jusqu'à ce que l'engrenage ait lieu avec l'autre roue, d'où changement de direction du mouvement, descente du premier seau et élévation du second, jusqu'à ce que celui-ci rencontre la barre, et ainsi de suite.

Ce système peut donner idée des moyens variés de mettre en jeu mécaniquement les embrayages pour déterminer des actions indépendemment de l'action de l'ouvrier, au moyen de mouvements convenables imprimées à époque déterminée à la tige du levier qui mène le manchon d'embrayage.

On doit considérer encore comme des organes de la nature des embrayages :

Les *roues à détente*. La fig. 1645 représente ce genre d'appareil. Il se compose d'un arbre mû par une manivelle portant une saillie. Sur le même arbre est montée à frottement doux une poulie qui porte une détente formée d'un levier à crochet pressé par un ressort. Quand ce crochet appuie sur la saillie de l'arbre, le mouvement se communique à la roue qui fait monter la corde, que porte sa circonférence, attachée à un poids quelconque. Le mouvement se continue ainsi jusqu'à ce que le levier, rencontrant l'extrémité d'une cheville fixe, vienne à basculer, il se décroche, et le poids suspendu à la corde descend en faisant tourner la roue.



1645.

Les *déclics*. Divers appareils sont employés dans les sonnettes qui servent à battre les pièces pour faire tomber le mouton. Les plus simples consistent, soit dans un crochet (fig. 1646), soit dans une pince munie de deux longues branches (fig. 1647), à laquelle le mouton est suspendu. Quand il est élevé par la corde



1646.



1647.

à la hauteur voulue, les extrémités de la pince ou du crochet se trouvent resserrées entre deux parties fixes, ou, rencontrant des saillies fixes, le mouton tombe.

On obtient le même résultat par diverses autres dispositions de même nature qui correspondent toujours à des moyens d'assemblage qui cessent par le mouvement. Ainsi, dans certains déclics, le cylindre en bois, sur lequel s'enroule la corde, n'est assemblé avec l'axe en fer que par une partie saillante. Ce cylindre s'élevant a mesure de l'enroulement sur la partie inférieure qui forme plan incliné, la partie saillante restant fixe, rencontre bientôt une gorge cylindrique pratiquée à l'intérieur, l'assemblage cesse et la corde se déroule.

La cataracte, employée pour faire donner à certaines machines à vapeur un nombre déterminé de coups de piston à l'heure, est un organe de ce genre. Elle consiste essentiellement en un vase qui se renverse ou un flotteur qui s'élève à une certaine hauteur par suite d'un écoulement d'eau constant, mouvements qui déterminent l'ouverture de la soupape à vapeur, et par suite une oscillation du piston. Un système analogue a été adapté avec succès aux machines soufflantes mues par machines à vapeur. De semblables dispositions ont une grande importance industrielle, parce qu'elles permettent de n'employer pour le travail à effectuer, que la quantité de travail rigoureusement nécessaire.

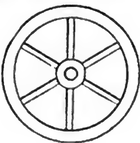
II. Organes servant à la régularisation du mouvement.

Les irrégularités du mouvement, presque toujours nuisibles au bon travail d'une machine, sont de deux

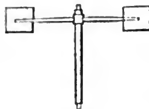
sortes, ou périodiques et renfermées dans des limites assez restreintes (celles-ci dépendent en général du mode d'action du moteur), ou croissant dans un sens et pouvant devenir considérables dans le cas où la résistance de l'opérateur ne croissant pas en même temps, le mouvement ne se régularise pas de lui-même par la production d'une plus grande quantité de travail. Nous pouvons donc diviser les organes destinés à maintenir la vitesse des machines dans des limites convenables pour le travail à opérer en trois classes : 1° ceux qui font croître la résistance utile ; 2° ceux qui font naître une résistance nuisible ; 3° ceux qui font diminuer l'action du moteur.

PREMIÈRE CLASSE. La régularisation du mouvement se produit, pour ainsi dire, naturellement dans l'action des outils que quand ils vont plus vite, attaquant plus de matière et éprouvant plus de résistance. Quand l'action de l'outil et de la résistance ne sont pas directement opposés, comme le travail de la scie, on fait croître la résistance en augmentant la vitesse de la pièce de bois, comme le permet l'appareil dit *pied de biche* (figure 1609) employé dans les scieries mécaniques, donnant le mouvement circulaire à la roue, qui à l'aide d'une crémaillère fait avancer le châssis qui porte la pièce de bois. Dans les moulins à blé, l'appareil bien connu dit *Babillard* remplit les mêmes fonctions, en faisant croître avec la vitesse la quantité de blé qui tombe sous les meules.

DEUXIÈME CLASSE.— *Volants à jantes pesantes.* Ces volants (fig. 1648), qui se meuvent avec une grande rapidité, fournissent le moyen le plus usité de compenser les inégalités périodiques de l'action du moteur. L'inertie de leur masse cause une résistance en apparence nuisible, qui s'oppose à l'accélération



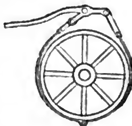
1648.



1649.

du mouvement ; mais au lieu d'être consommé comme dans les organes ci après, le travail emmagasiné vient s'ajouter au travail utile, quand la vitesse vient à diminuer, et permet de surmonter des résistances supérieures à l'effet direct du moteur ; toutefois, le travail considérable consommé par le frottement de l'axe chargé d'un poids considérable, doit faire limiter le volant aux dimensions rigoureusement nécessaires.

Volants à ailettes (fig. 1649). Ces volants régularisent le mouvement en faisant détruire partie du travail par la résistance occasionnée, par la résistance de l'air qui croît proportionnellement au carré de la vitesse. Ils sont fréquemment employés dans les horloges.



1650.

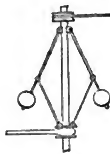
Freins. On peut de même employer le frottement pour empêcher l'accroissement de la vitesse. On emploie à cet usage les freins (fig. 1650), à l'aide desquels on consomme l'excès de travail, à produire un frottement. Un semblable système ne peut évidemment être employé que dans quelques cas particuliers, car il vaut bien mieux, en effet, diminuer l'action du moteur que consommer inutilement le travail en résistances inutiles.

TROISIÈME CLASSE. C'est à modérer l'action du moteur que servent ces organes. Quand le moteur est intelligent, qu'il s'agit de l'emploi de la force musculaire, elle se limite par l'action du moteur même : mais pour les moteurs naturels, l'eau ou la vapeur, c'est en diminuant les volumes agissant dans l'unité de temps qu'on y parvient, en faisant mouvoir les vannes ou les robinets d'introduction.

La puissance devenant supérieure à la résistance, les vitesses de toutes les pièces de la machine croissent en même temps, et si l'entrée de la vapeur, en prenant d'abord le cas de la machine à vapeur (nous reviendrons plus loin sur les applications aux moteurs hydrauliques), était réglée par une pièce en mouvement, il semble qu'il devrait passer davantage de vapeur dans l'unité de temps, et le mouvement encore s'accélérer par ce motif. C'est par l'intervention d'une force étrangère, celle de la pesanteur, qu'on a résolu le problème.

Pendule conique. L'appareil qui réalise ces conditions est le pendule conique représenté fig. 1651, tel qu'il a été appliqué par Watt à la machine à vapeur.

L'axe avec lequel il est assemblé étant mis en mouvement par un engrenage communiquant avec les rouages de la machine ; les boules qui, à l'état de repos appuient sur l'axe, prennent des positions inclinées dans la direction de la résultante de la gravité et de la force centrifuge, qui résulte de la vitesse de rotation de l'axe. La gravité étant constante et la force centrifuge croissant avec la vitesse, les boules s'élèveront d'autant plus que celle-ci sera plus considérable. Dans ce mouvement l'articulation (portant un anneau glissant sur l'axe) qui joint les boules se redressant, le manchon articulé qui les réunit et qui entoure l'axe, s'élève, et dans le cas d'une machine à vapeur fait mouvoir un levier qui ferme la valve d'admission de la vapeur, d'autant plus que la vitesse est plus grande.



1651.

On doit déterminer le poids des boules et la position du levier par la condition que la vapeur arrive en quantité suffisante lors de la vitesse du régime, et qu'elles puissent aisément faire mouvoir le levier dans les variations de vitesse.

C'est surtout dans les machines à vapeur que le pendule conique a trouvé une très heureuse application ; ainsi, dernièrement, on a non seulement utilisé son effet à intercepter l'entrée de la vapeur, mais encore à accroître la détente, et par suite à économiser le combustible, quand le travail doit diminuer.

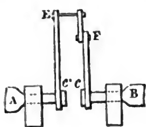
On emploie quelquefois le pendule conique pour faire varier la position de la vanne, qui laisse passer l'eau qui s'écoule sur les roues hydrauliques. Dans ce cas, le levier fait mouvoir un manchon à deux griffes, sur lequel il est monté à frottement doux, manchon se mouvant sur un arbre que fait tourner la machine. Cette griffe rencontrant une roue folle sur l'axe la rend solidaire, et à l'aide d'une crémaillère fait monter ou descendre la vanne. Ce système d'embrayage double est figuré fig. 1643.

Les gonflements résultant de l'action de l'humidité sur le bois, rendent les résistances des vannes trop variables pour que ces appareils fonctionnent d'une manière aussi satisfaisante, à beaucoup près, que pour les machines à vapeur.

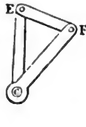
On doit remarquer que l'effet du régulateur à boules n'est pas instantané; il se passe toujours un certain temps avant que la vitesse de régime soit rétablie; l'appareil ne saurait par conséquent remédier aux variations de vitesse de très courte durée.

M Molinié a inventé, dans ces dernières années, un régulateur à air qui lutte avec succès avec le pendule conique. Il consiste essentiellement dans une espèce de soufflet à double effet mû par la machine. La caisse régulatrice, s'élevant d'autant plus que le mouvement est plus rapide, l'orifice de sortie de l'air restant le même, agit sur la tringle qui meut la valve d'arrivée de la vapeur.

Ressort dynamométrique. M. Poncelet a proposé le système suivant pour régulateur. Supposons que l'axe moteur AB (fig. 1652), qui transmet le mouvement à des mécanismes tels que ceux d'une filature, etc., soit interrompu en c et c'; que le mouvement d'une partie de l'arbre à l'autre soit communiqué à l'aide de deux manivelles dont les boutons E et F (fig. 1653) sont réunis par une bielle EF articulée et perpendiculaire

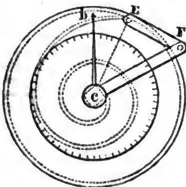


1652.



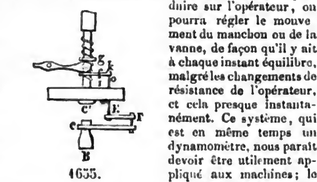
1653.

au bras CE; remplacez maintenant ce même bras CE par un tambour cylindrique renfermant un ressort en spirale (fig. 1654), lié d'une part à l'axe AC et de l'autre à la surface du tambour comme dans le barillet des montres, enfin supposez que le tambour puisse tourner librement autour de son arbre arrondi à cet effet; il est évident que le bouton E, attaché à la base du côté de la puissance, sera tiré par la bielle EF avec un effort égal à celui qui est nécessaire pour vaincre les résistances de l'arbre AC; par suite le ressort spiral sera bandé, le barillet tournera plus ou moins autour de son arbre, et l'angle qu'il aura décrit mesurera l'effort exercé en E, parce qu'en ce point la bielle EF se trouvera perpendiculaire au rayon EC. Imaginez à côté du tambour une aiguille *c b*, fixée à l'arbre, elle pourra servir à mesurer la tension du ressort à chaque instant, ou l'effort de la résistance: de là résulte un nouveau dynamomètre qu'on rendra sensible à volonté. Maintenant rien n'est plus facile que de communiquer le mouvement du tambour autour de son arbre à un manchon *fg* monté sur c'A (fig. 1655), et dont la surface intérieure est creusée en écrou, tandis que la surface de CA est taillée en vis. E*k* représente une tige saillante fixée au tambour, et qui pénètre dans l'œil d'une tige saillante *fo* fixée au manchon. Ainsi, dès que la résistance de la machine augmentera ou diminuera, le manchon *fg* avancera ou reculera par suite du mouvement relatif du tambour sur son arbre,



1654.

et il poussera le levier *gl* destiné à ouvrir une vanne plus ou moins. Connaissant le rapport de la puissance motrice à la résistance ou effet utile que l'on veut produire sur l'opérateur, on pourra régler le mouvement du manchon ou de la vanne, de façon qu'il y ait à chaque instant équilibre, malgré les changements de résistance de l'opérateur, et cela presque instantanément. Ce système, qui est en même temps un dynamomètre, nous paraît devoir être utilement appliqué aux machines; le ressort spiral recevra d'ailleurs une force proportionnelle aux efforts qui doivent être exercés, et sa construction n'offrira aucune difficulté.



1655.

Réservoirs. L'emploi de régulateurs d'un autre ordre, servant à régulariser l'effet même de la machine, est fréquemment employé à rendre à peu près constant l'écoulement des gaz. L'élasticité des gaz, qui fait varier rapidement leur pression, fait que l'emploi d'un vaste réservoir suffit le plus souvent pour régulariser suffisamment leur mouvement pour de faibles variations de la force motrice.

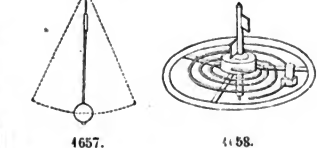
Un autre régulateur plus parfait consiste dans l'emploi d'une cloche renversée sur un liquide et chargée d'un poids déterminé, ou, ce qui revient au même, d'un piston chargé se mouvant dans un corps de pompe. Quand la quantité du gaz augmente, la pression reste constante, car, pour la moindre augmentation de pression, la cloche s'élève et la capacité augmente; elle diminue au contraire, et la cloche baisse si la consommation devient plus considérable que la production.

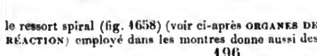
1656.

Certains appareils régulateurs consistent dans un moyen de faire en sorte que la résistance demeure constante. Tel est le tambour régulateur (fig. 1656) qui rend la résistance indépendante du poids de la corde, et permet par suite l'action d'une même force avec une vitesse constante.

Pendule. Tout mouvement parfaitement régulier peut devenir la base d'un système régulateur, mais on ne doit considérer comme tels que les mouvements produits exclusivement dans ce but. Ils se réduisent à deux systèmes, le pendule et le ressort spiral.

Le pendule (fig. 1657) mis en mouvement oscille avec une régularité parfaite par l'effet de la gravité;




1657. 1658.

le ressort spiral (fig. 1658) (voir ci-après ORGANES DE RÉACTION) employé dans les montres donne aussi des

oscillations parfaitement isochrônes, quand son élasticité étant très grande, ses dimensions sont convenablement déterminées.

Ces corps, possédant un mouvement parfaitement régulier, pourront servir à faire arriver à intervalles égaux dans des positions identiques, les organes d'arrêts dits échappements dont nous parlerons ci-après, et qui, suspendant l'effet de la force à intervalles réguliers, forment la base de toutes les machines employées à la mesure du temps.

III. Organes d'impulsion.

On doit considérer à part ces organes, car bien qu'ils ne constituent qu'un moyen de transmettre le mouvement d'une partie de machine à l'outil, néanmoins ce n'est que dans des cas exceptionnels que cette partie est lancée brusquement en abandonnant les parties voisines, et les transformations de mouvement que nous avons décrites précédemment ne s'appliquent qu'à des mouvements réguliers et continus.

On obtient en général l'impulsion en faisant bander un ressort par une pièce douée d'un mouvement alternatif, rectiligne ou circulaire, qui fait mouvoir l'arrêt qui le maintient dans la position convenable pour que la pièce à lancer vienne se placer. Le ressort, en se détendant quand on soulève l'arrêt, lance la partie qui est appuyée sur lui.

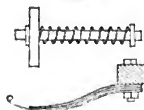
Quelquefois on obtient ce résultat par le choc brusque d'une partie mouvante contre une partie fixe, mais cette disposition est inférieure à la première, et il résulte toujours quelque inconvénient de l'action destructive du choc qui a lieu, et qu'on amortit en partie au moyen de parties élastiques, de cordes, etc., dans les directions où le choc brusque n'est pas nécessaire ; c'est ainsi qu'on fait mouvoir la navette dans le métier mécanique à tisser.

IV. Organes de réaction.

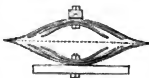
Ce sont encore les ressorts qui forment la base ordinaire des organes de réaction ; c'est leur élasticité qui permet de reproduire inversement les effets produits par un premier mouvement et de rendre en un temps assez long une action momentanée ou inversement. Quelquefois, mais plus rarement, les contre-poids sont utilisés pour atteindre le même but.

Ressort en spirale. Les organes appelés renvideurs, employés dans une des plus nouvelles inventions relatives aux problèmes les plus compliqués du tissage, le BATTANT-BROCHEUR de M. Meynier, reposent sur l'emploi du ressort en spirale agissant dans le sens de la circonférence des spires. Le fil déroulé de la navette pendant le mouvement du battant est renvidé par l'action du ressort spiral qui a été tendu par l'action de dévidement.

1659.



1660.

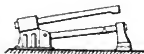


1661.

Cet organe, encore nouveau, est peut-être un de ceux qui doivent faire le plus de progrès à l'industrie du tissage mécanique en évitant les embarras résultant des fils dévidés dans les divers mouvements des fils de la trame.

Pour amortir une action dans un sens et la rendre en sens contraire, on se sert de ressorts, soit de ressorts en spirale dits *boudins* agissant dans le sens de l'axe du cylindre qu'ils forment (fig. 1659), soit de ressorts en lames (fig. 1660 et 1661). On a essayé inutilement dans quelques cas d'utiliser le ressort de l'air au moyen d'un piston compresseur, mais c'est un appareil beaucoup trop coûteux d'établissement et d'entretien.

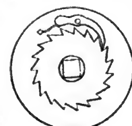
On comprend que de semblables appareils sont fort utiles pour amortir la force d'inertie et la restituer en sens contraire et éviter ainsi une perte de travail importante ; aussi les emploie-t-on dans grand nombre de machines dont certaines pièces ayant un mouvement rectiligne alternatif, viennent butter contre les extrémités de ces ressorts à la fin de la course dans un sens et sont remises en mouvement en sens opposé par l'effet du ressort, au moment même où la force motrice va changer de sens. Une forte pièce de bois encastrée par son extrémité forme un puissant ressort ; on en fait usage dans les marteaux de forges (fig. 1662).



1662.

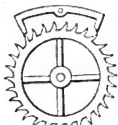
V. Organes d'arrêt.

1° *Organe qui ne permet de mouvement que dans un sens.* La roue à rochet fournit le moyen de permettre à un axe de tourner dans un sens, sans qu'il puisse rétrograder dans l'autre sens. La figure 1663 en montre la disposition bien connue.



1663

2° *Organes suspendant l'action par intermittence.* C'est sur l'emploi de ces organes, dits échappements, que repose presque tout l'art de la construction des horloges et appareils divers destinés à la mesure du temps. Un poids ou un ressort tendu fournit la force motrice dont l'action suspendue à intervalles réguliers fournit la mesure du temps écoulé. A cet effet on emploie soit les oscillations régulières du pendule dans les horloges de grande dimension ; soit les oscillations d'un ressort d'acier tourné en spirale, qui sont aussi égales par suite de sa parfaite élasticité ; ce dernier système est celui employé pour les montres et les chronomètres.



1664.

Quand le pendule est le régulateur, on emploie généralement l'échappement *à ancre* (fig. 1664).

La roue qui porte l'aiguille des secondes tend à tourner sous l'influence d'un poids ou d'un ressort tendu. Un pendule oscille dans des intervalles de temps parfaitement égaux, et entraîne avec lui dans son mouvement les deux ancres qui font corps avec lui. Dans la position représentée dans la figure la roue est arrêtée par l'ancre de gauche et l'action du moteur suspendue. Il en sera de même pour la deuxième ancre à l'oscillation inverse du pendule. En deux oscillations il passe ainsi une dent devant chaque ancre et la roue fait un tour en une minute, si elle porte 30 dents et si le pendule est de la longueur convenable pour battre les secondes.

L'action exercée par les dents de la roue sur les ancres suffit d'ailleurs pour rendre au pendule la quantité de mouvement qu'il perd en chaque instant par la ré-

sistance de l'air et des frottements et pour entretenir les oscillations qui sans cela s'arrêteraient bientôt.

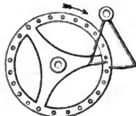
L'échappement à chevilles (fig. 1665) dans lequel l'action du pendule suspend et rend libre successivement chaque cheville est encore d'un très bon emploi.

Les échappements pour lesquels l'action de l'organe d'arrêt est régularisée par un ressort, comme cela a lieu pour les chronomètres, peuvent se diviser en :

1° Echappement à recul ;

2° Echappement à repos ;

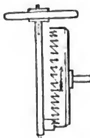
3° Echappement libre.



1665.

Echappement à recul. On nomme ainsi ceux dans lesquels la roue pousse continuellement le régulateur pendant toute la durée de son mouvement. Celui à ancre dont nous avons parlé est dans ce cas.

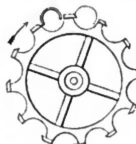
Dans l'échappement à roue de rencontre (fig. 1666) le mouvement alternatif du balancier est communiqué à un axe portant des palettes qui forment entre elles un angle d'environ 90°, en sorte que lorsqu'une dent de la roue sur laquelle l'une agit, échappe ; l'autre palette se présente à une dent diamétralement opposée de la roue qui l'écarte à son tour tellement que la roue tournant toujours du même côté, le balancier va et vient sur lui-même, forme des vibrations qui règlent et modèrent la vitesse de la roue.



1666.

Cet organe n'était qu'un régulateur bien imparfait jusqu'à ce que Huygens l'eût transformé en organe d'arrêt par l'application d'un ressort spiral au balancier.

Echappement à repos (fig. 1667). Dans ce système, le seul employé aujourd'hui pour les montres, la roue d'échappement est garnie de plans inclinés, saillants à la partie supérieure. Le balancier est porté par un arbre cylindrique dont une portion est creusée et forme en cette partie un demi-cylindre creux. La roue en y entrant se trouve arrêtée par la rotation du balancier qui amène la partie pleine du demi-cylindre vers l'extrémité de la dent qui y est entrée. Le retour du balancier la laisse sortir et ainsi à chaque oscillation une dent entre et sort avec la régularité qui résulte de la perfection du ressort spiral qui entoure l'axe du balancier.

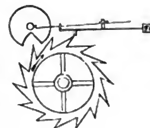


1667.

Cet échappement est à repos, en ce sens que l'action de la roue d'échappement est suspendue pendant que la dent est engagée dans le cylindre.

Les frottements sont assez grands dans ce système pour que, malgré la construction des cylindres en matières très dures, l'usure y soit assez notable et les résistances assez grandes pour qu'on ait dû chercher pour les chronomètres d'extrême précision des systèmes moins simples, mais d'un meilleur effet.

Echappement libre (fig. 1668). Cet échappement est aussi à repos, car après l'impulsion, la roue reste immobile, condition essentielle d'une grande régularité, mais ce repos diffère de celui des échappements précédents en ce que la roue, après son impulsion, ne touche ni ne s'appuie sur aucune partie mue par le régulateur. Elle est arrêtée par une pièce distincte de celui-ci, de telle sorte que le régulateur achève sa vibration indépendamment de l'échappement.

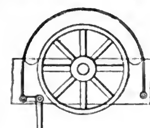


1668.

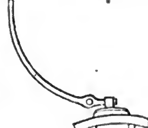
Voici comment il agit : le balancier en faisant mouvoir l'axe auquel est fixé une petite saillie qui rencontre par dessous un long ressort très flexible, fait soulever l'arrêt qui arrête le mouvement ; quand il rencontrera le ressort par dessus, il ne fait que courber ce ressort qui est très fin, afin de s'ouvrir un passage pour terminer son oscillation.

Les échappements constituent des organes qui permettent de prolonger l'action d'une force, c'est ainsi que dans les horloges l'action d'un ressort tendu à de longs intervalles suffit pour imprimer le mouvement pendant un long espace de temps, l'échappement aidé par les volants à ailettes ou balanciers à ressort ne lui permettant de se détendre que peu à peu.

3° *Organes suspendant le mouvement.* En outre des organes qui déterminent la production de la force motrice,



1669.



1670.

les vannes pour l'eau, les robinets pour la vapeur, etc., et dont la fermeture arrête la production de tout travail, nous devons ranger dans les organes d'arrêt ceux qui suspendent l'action d'une force en faisant naître une résistance supérieure à la puissance. C'est surtout le frottement qu'on emploie à cet effet au moyen de freins (fig. 1669) qui s'appliquent presque toujours sur les parties des machines dont le mouvement est circulaire. La fig. 1670 représente le frein employé pour les voitures.

1671.

Sur quelques pièces glissantes on obtient le même effet au moyen de vis de pression serrant directement la partie sur laquelle le mouvement a lieu (fig. 1671).

VI. Organes pour disposer les objets en ligne droite.

Pour disposer en ligne droite des objets de même nature on emploie deux genres de procédés différents suivant qu'ils sont résistants, ou mous et fibreux ; ce dernier cas est de beaucoup le plus important, c'est celui de la plus considérable peut être de toutes les industries, celle de la filature.

Pour le cas des corps résistants on peut employer, pour les corps de forme allongée, le procédé usité dans la fabrication des aiguilles. Il consiste à agiter par des chocs brusques et répétés la boîte qui contient celles-

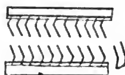
ci mélangées pêle-mêle. Le choc ayant lieu également sur les aiguilles disposées dans le sens de la longueur de la caisse, ne les dérange pas, tandis que celles placées obliquement recevant le choc par une extrémité se déplacent et se rangent peu à peu dans la longueur de la caisse.

On pourrait dans des cas semblables faire glisser les corps sur un plan incliné portant des rainures dans lesquelles ils peuvent entrer en se redressant, lorsqu'on donne au plateau un mouvement de trépidation.

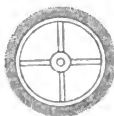
Dans plusieurs cas le corps est saisi au moyen de pinces qui, se mouvant tout en se fermant et s'ouvrant, au moyen d'excentriques, à l'instant voulu, portent le corps à l'endroit convenable à un moment déterminé.

Pour les corps fibreux, c'est par la carde ou le peigne, et par l'étirage qu'on obtient cette disposition en ligne droite.

La carde (fig. 1672) est composée de deux peignes à dents recourbés et à dentures opposées auxquels on imprime des mouvements rectilignes en sens contraire l'un de l'autre. Les extrémités de chaque fibre, arrêtée par



1672.

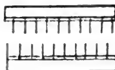


1673.

une dent du premier système, sont redressées par deux dents du second qui les quittent, après les avoir disposées parallèlement.

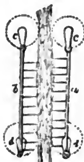
En disposant les cardes sur des tambours (fig. 1673), on obtient d'une manière continue, au moyen d'un mouvement circulaire continu, le même travail.

Les peignes (fig. 1574) ne diffèrent des cardes qu'en ce que les dents sont droites et plus résistantes; ils produisent le même effet et s'emploient de la même manière.

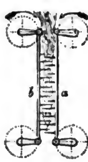


1674.

On les fait agir d'une manière continue en les disposant sur des tambours, mais le plus souvent ils sont disposés en ligne droite, et on leur donne le double mouvement de pénétration et de peignage par un double mouvement alternatif de haut en bas et d'avant en arrière. C'est ainsi qu'ils agissent pour le peignage du lin, dans la peigneuse Girard (fig. 1675 et 6676), où ce



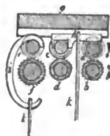
1675.



1676.

double mouvement est obtenu à l'aide de manivelles, montées sur l'axe de roues dentées se mouvant avec la même vitesse.

Étirage. Les fibres étant disposées par le travail des cardes en rubans parallèles, leur réunion forme un boudin dont on doit faire un fil. On y parvient, comme le fait la fileuse à la main, en étirant le ruban trop épais, en faisant glisser les fibres les unes sur les autres jusqu'à ce que la grosseur du ruban soit convenable pour faire le fil. C'est donc dans le sens de la longueur qu'on déplace les fibres. L'organe qui sert à cet effet consiste en cylindres cannelés (figure 1677), distants de centre en centre d'une longueur plus grande que celle des fibres à étirer; tous animés d'un mouvement circulaire continu (égal pour chaque paire de cylindres) et dont le deuxième système est animé d'une vitesse plus grande que le premier sur lequel passe le fil, ou, ce qui revient au même, a un diamètre plus grand pour une même vitesse angulaire. Il en résulte donc un étirage et un accroissement de longueur. En effet, la longueur du ruban qui aura passé sur le premier couple de cylindres dans un temps donné, sera égal à la circonférence d'un des rouleaux multiplié par le nombre des révolutions pendant ce temps. Il en sera de même pour les autres couples, donc si ceux-ci sont d'un diamètre plus fort avec la même vitesse ou d'un diamètre égal avec une vitesse plus grande, il passera entre eux une plus grande longueur de fil, celui-ci se sera donc allongé par l'étirage.



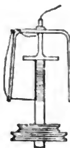
1677.

Cet admirable organe est la base sur laquelle reposent les merveilleux résultats de la filature moderne.

VII. Organes de disposition des objets en ligne courbe.

La disposition dont il s'agit ici n'est guère usitée que pour la torsion des fibres, afin de les assembler, en rendant par cette disposition le frottement de glissement égal à la résistance propre des fibres, de manière qu'ils se rompent, plutôt que de glisser les uns sur les autres.

L'appareil le plus employé pour produire cet effet, et qui comprend les autres, est la broche (fig. 1678). Nous allons donner la description de l'organe le plus complet de ce genre, la broche du banc à broches employés dans la filature de coton, qui résout le double problème de la disposition des fibres en ligne spirale pour former le fil, et de l'enroulement du fil autour de la bobine.



1678.

La broche se compose de deux ailettes, dont une creuse, qui se font équilibre. Le fil entrant près de l'axe sort par l'extrémité d'une des ailettes. L'axe de la broche traverse la bobine dans toute sa longueur de manière que l'ailette et la bobine peuvent être mues avec une vitesse de mouvement circulaire différente. La bobine possède de plus un mouvement rectiligne alternatif dans le sens vertical qui permet l'enroulement régulier du coton sur toute la surface.

Si la bobine restant fixe, la broche tourne, il y aura enroulement du coton sur la bobine de toute la longueur de circonférence à la bobine, correspondant à l'espace angulaire parcouru à l'extrémité de l'ailette et de plus torsion du fil, puisqu'entrant par l'axe, il a tourné sur lui-même de la même quantité angulaire que la broche.

Si le nombre des tours de la broche dans un temps donné est le même que celui de la bobine, les vitesses angulaires étant égales, les mêmes points des broches restant dans les mêmes plans méridiens avec les mêmes points des bobines, l'enroulement est nul et le fil s'est tordu. Si les broches restant fixes, les bobines tournent, il y aura enroulement du coton sur les bobines, de toute la longueur parcourue par un point quelconque de la circonférence sur laquelle l'enroulement a lieu. Quant au fil, il n'est pas tordu car il n'a fait que se présenter tangentiellement à la surface cylindrique de la bobine perpendiculairement à la génératrice.

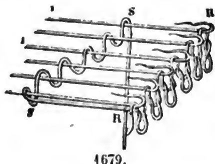
Enfin, si l'on donne à la bobine un mouvement rectiligne de va-et-vient convenable, en même temps qu'on lui communique un mouvement de rotation, le fil s'enroulera également sur toute la hauteur de la bobine.

VIII. Organes servant à produire l'entrelacement.

Les divers ordres d'entrelacement de fils qui constituent la fabrication si importante des tissus s'obtiennent au moyen de quelques organes primitifs, que les machines compliquées, au moyen desquelles on obtient les tissus, sont destinés à faire fonctionner.

Tissus à un seul fil. — Tricots. Les tricots sont formés par les entrelacements d'un même fil dont les boucles passent successivement dans celles précédemment formées. On le fait à la main, au moyen de deux aiguilles sur lesquelles s'enroule le fil pour donner la grosseur de la maille. Ces aiguilles sont pointues. Une maille, sortant d'une des aiguilles, l'autre y fait passer le fil libre et passe dans la boucle ainsi faite, et ainsi de suite, pour continuer en repassant de la seconde aiguille sur la première.

On n'a pas cherché à exécuter ce travail mécaniquement par la copie du travail des aiguilles à la main, ce qui eût été fort difficile, mais on obtient le même résultat par l'aiguille du métier à bas (fig. 1679) qui offre l'avantage de permettre de faire, en une seule opération, une rangée entière du tricot. Cette aiguille en



1679.

acier est terminée par une partie élastique dont l'extrémité rentre, par pression, dans une rainure pratiquée dans le corps de l'aiguille. Si un tricot se trouve commencé, et toutes les dernières mailles passées autour du corps des aiguilles, on pourra retirer celui-ci en baissant la pointe de l'aiguille. Si donc auparavant, on a disposé un fil ondulé, en proportion de la grosseur de la maille, qu'on a fait entrer dans ces aiguilles en donnant à celles-ci un mouvement en arrière, ce fil formera une nouvelle série de mailles qu'il suffira de repousser sur le corps de l'aiguille pour recommencer une nouvelle opération.

Tissus formés par l'entrelacement de fils disposés parallèlement. Les cordonnets, tulles, etc., sont faits par des fils parallèles, se dévidant de bobines, sur lesquelles ils sont contenus, et s'entrelaçant en raison du mouvement de ces bobines sans l'emploi d'aucun organe particulier.

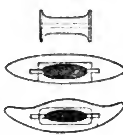
Tissage proprement dit. Le tissage proprement dit, celui employé pour produire les étoffes, consiste à faire passer un fil continu qu'on nomme *trame*, entre des fils parallèles qu'on nomme *chaîne*, en faisant que ceux-ci se croisent.

Les organes essentiels de ce travail sont :

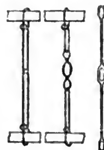
1° La navette (fig. 1680) renfermant la bobine (fig. 1681) sur laquelle le fil de la trame est enroulé et à laquelle un mouvement rectiligne alternatif doit être imprimé ;

2° Les organes qui servent à faire lever ou abaisser les fils de la chaîne ; ce sont les *lisses* (fig. 1682), composés de fils formant des boucles, quelquefois d'un œil de verre ou de métal passé autour d'un fil. A chaque lisse, ou réunion de lisses correspondant aux fils qui

1681.



1680.



1682.

doivent se lever en même temps, correspond une *marche* consistant, dans le métier ordinaire, dans un levier qu'on fait marcher avec le pied, pour agir sur le fil de la chaîne au moyen de la lisse réunie à la marche par un fil.

Quand le nombre de lisses est très considérable, comme c'est le cas pour les tissus façonnés, et que la complication de l'entrelacement du fil ne permet pas de les faire mouvoir par un petit nombre de marches, il faudrait alors lever successivement à la main les fils convenables, si on n'était parvenu à résoudre la question au moyen d'organes classificateurs extrêmement remarquables dont nous allons parler.

IX. Organes classificateurs et diviseurs.

Cette série d'organes offre un grand intérêt parce que leur invention permet, en général, d'obtenir par action mécanique des produits qu'il n'était possible d'obtenir qu'au moyen d'une multitude d'opérations. Les cribles, tamis, blutoirs, qui séparent d'autres corps ceux dont les dimensions sont moindres que celles de leurs mailles, peuvent être classés parmi les organes de cette nature ; mais c'est surtout dans la fabrication des tissus, dans lesquels on agit sur une multitude de fils, que des organes de cette nature sont employés ; mais ils peuvent trouver beaucoup d'autres applications. Ces organes sont bien distincts de l'outil avec lequel on les confond souvent ; ils ne font pas le travail utile, ils contribuent seulement à le rendre possible.

Procédé général de Jacquart. L'idée fondamentale de la Jacquart n'est pas seulement applicable à la fabrication des étoffes brochées, mais constitue un procédé général, une découverte capitale applicable dans beaucoup de cas particuliers.

Dans le cas des étoffes, tous les fils de la chaîne, traversant des lisses, peuvent être mus par des fils attachés à des leviers, et ces leviers combinés avec des broches rigides ou aiguilles, de telle sorte que, si celles-ci se meuvent, les leviers se meuvent aussi, et par suite les fils de la chaîne. Si donc l'ensemble de ces aiguilles rencontre un prisme (fig. 1683) percé de trous correspondants à toutes les aiguilles, et qu'on applique sur la

surface de ce prisme un carton (fig. 1684) percé seulement d'une partie de ces trous, les fils correspondant à ceux-ci se lèveront seuls.

On conçoit donc que si on a découpé ainsi, d'après la nature du dessin, des cartons, au moyen d'une opération dite *lisage*, on pourra, quelque compliqué que soit un dessin, en exécuter le tissage d'une manière entièrement mécanique, puisque le dessin formé par la trame varie avec l'ordre de levée des fils.

1683.

1684.

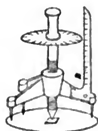
Tambour. Pour le cas d'étoffes qui ne sont pas trop compliquées, on peut appliquer un système qui a été repris dans ces dernières années, c'est l'emploi d'un tambour ou cylindre garni de parties saillantes comme le cylindre des orgues.

Si le tambour a été garni d'autant de rangées de touches qu'il y a de séries différentes de fils à lever pour former le dessin du tissu et que les touches de chaque rangée soient placées dans un ordre correspondant à celui des fils à lever à chaque coup de navette; en faisant tourner ce tambour pour présenter successivement chaque rangée de touches à la ligne des leviers commandant les lisses, on obtiendra les levées de chaîne suivant un ordre voulu. Ce système ne permet pas des combinaisons aussi multipliées que la Jacquart, pour laquelle le nombre des cartons peut être extrêmement considérable.

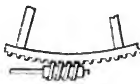
Organes diviseurs. La base des organes servant à opérer une division, est la vis; le pas de celle-ci pouvant être très fin et correspondant à un tour entier de la couronne circulaire qu'on peut monter sur sa tête, elle permet d'obtenir un très petit mouvement dans le sens de l'axe pour un grand mouvement de la tête.

C'est sur ce principe que repose le sphéromètre (fig. 1685), servant à mesurer les épaisseurs, la machine à diviser les lignes droites, la machine à diviser les roues, etc.

Pour les diviseurs des couronnes circulaires, on emploie la vis (fig. 1686) comme vis sans fin, conduisant le plateau dont la circonférence est divisée en un grand



1685.



1686.

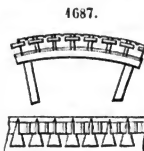
nombre de dents, 10000 par exemple. Si chaque tour de la vis fait avancer le plateau d'une dent, comme on peut facilement mesurer la centième partie de la circonférence de la couronne montée à la tête de la vis, on voit que si le pas de la roue est 1 millim., on pourra apprécier facilement le 1/100e de millimètre.

Il est facile de voir que l'on peut, au moyen d'une semblable division, soit tracer les lignes d'un cercle divisé, soit pointer sur une autre plate-forme des trous correspondants à un grand nombre de divisions, plates-formes qui sont la base des machines servant, dans les ateliers de construction, à tailler les roues dentées, etc.

Soit à tracer la division en 101 parties, en divisant 1000000 par ce nombre, on trouve 9901. Chaque division correspond donc à 99 divisions du compteur de la vis, plus 0,01 de division qui s'appréciera par un vernier avec une exactitude suffisante.

M. Decoster a appliqué dernièrement avec succès le principe de la répétition à une combinaison nouvelle de machine à diviser. Son système (fig. 1687 et 1688) repose sur l'emploi de blocs composés sur la jante d'une roue et pouvant s'écarter (et par suite la remplir en étant en nombre moindre) au moyen de cales aiguës s'intercalant entre ces blocs et mus ensemble par une couronne concentrique. L'heureuse application du principe de répétition sur la circonférence même d'une grande étendue du diviseur universel, doit permettre d'obtenir une grande précision à l'aide de cet outil pour la division de cercles, toujours dans la pratique d'un bien moindre diamètre que le diviseur.

1687.





1688.

QUATRIÈME SECTION.

Opérateurs.

Les opérateurs et outils étant la base de toute opération mécanique sont aussi variés que les divers travaux qu'on peut effectuer sur la matière. Les machines n'ayant, en général, pour but que de faire effectuer, au moyen des forces mécaniques, les opérations qu'on peut obtenir du travail manuel, de faire agir mécaniquement les outils, on conçoit aisément de quelle importance est la connaissance du mode d'opérer de ceux-ci, qui n'est pas moindre que celle des récepteurs, puisque ceux-ci ne sont utiles que pour faire mouvoir les opérateurs; c'est donc bien à tort que jusqu'à ce jour on a négligé de comprendre leur étude dans la science mécanique. On comprend aussi combien de grands résultats peuvent provenir d'un perfectionnement quelquefois, en apparence, minime, mais qui permet souvent l'introduction du mouvement par forces mécaniques dans des cas où ce mode d'opérer paraissait impraticable.

Comme le remarque M. Poncelet, l'opérateur est soumis, quant à l'économie du travail, aux mêmes conditions que le récepteur, c'est-à-dire qu'on doit préférer autant que possible les outils travaillant d'une manière continue, sans chocs mettant en jeu les actions moléculaires. C'est pour ce motif, par exemple, que les scies circulaires remplacent avec avantage les scies rectilignes, les laminoirs, le marteau, etc.

Les opérateurs et outils variant de nature et de forme en raison de la résistance à surmonter, nous les classerons en deux sections principales qui correspondent aux résistances considérées au point de vue dynamique et géométrique, de mouvement et de forme.

1° Résistance au mouvement comprenant les résistances dues à la pesanteur, à l'inertie et aux résistances passives.

2° Résistance pour faire prendre à un corps une forme déterminée.

Résistance au mouvement.

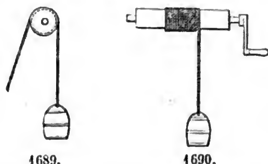
Résistance due à la pesanteur agissant verticalement.

Cette section comprend tous les organes opérateurs des machines qui servent à l'élévation des fardeaux en général et notamment à l'élévation des liquides.

SOLIDES.

Le principal moyen d'élever un fardeau consiste dans l'emploi des cordes dont on entoure le fardeau ou à l'extrémité desquelles on attache la capacité dans laquelle il est placé.

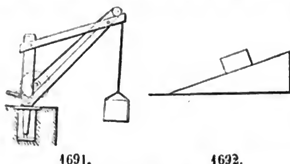
Le problème de l'élévation des fardeaux consiste donc à donner à la corde un mouvement rectiligne continu d'ascension. Tous les organes produisant ce mouvement avec plus ou moins de vitesse seront donc capables de produire l'élévation des fardeaux à l'aide de forces variant, pour un même poids, en raison inverse des vitesses, telles sont les poulies (fig. 1689), *le treuil*



1689. 1690.

fig. 1690), *les grues* (fig 1691) (espèce de treuil permettant de saisir un fardeau placé à une certaine distance), *les vis*, etc., etc.

Les organes servant à donner un mouvement autre que le mouvement rectiligne et vertical peuvent servir également à élever les fardeaux, car la direction verticale n'est que celle de la résistance, une action non

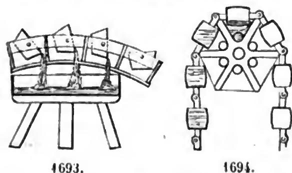


1691. 1692.

verticale agira par une de ses composantes. On doit donc comprendre dans ces organes le plan incliné (figure 1692) qui réduit la vitesse du mouvement rectiligne et le levier, base du mouvement circulaire alternatif.

LIQUIDES.

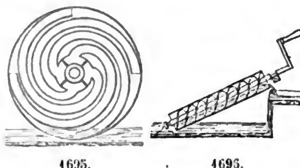
Tous les organes servant à élever les fardeaux peuvent servir également à élever l'eau préalablement renfermée dans des seaux ou vases de forme quelconque. Souvent ces vases sont disposés, soit sur la circonfé-



1693. 1694.

rence d'une roue (fig. 1693), soit le long d'une chaîne sans fin (chapelet) (fig. 1694), soit enfin dans l'intérieur même de la roue (tympan) (fig 1695), ce qui permet de leur donner un mouvement ascensionnel au moyen d'un mouvement circulaire des organes communicateurs.

Le plan incliné contourné autour d'un axe fournit l'importante machine, dite vis d'Archimède. La figure 1696 fait bien comprendre comment il résulte de



1695. 1696.

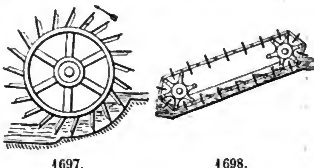
l'inclinaison de l'axe que le liquide parvenu en un point d'une spire se trouve retenu, et comment le mouvement de rotation de la vis fait élever cette eau jusqu'à la partie supérieure.

Cet opérateur est fréquemment employé dans les épuisements.

Pour que la machine puisse agir, il faut évidemment que l'angle qui mesure l'inclinaison de l'axe sur le plan horizontal soit moindre que l'angle constant que fait la tangente en chaque point de l'hélice avec ce même axe, afin qu'il existe sur chaque spire deux points où les tangentes soient horizontales. C'est la plus élevée des deux tangentes qui fixe le niveau de l'arc hydrophore, dont la valeur augmente pour une même vis avec son inclinaison.

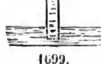
On a quelquefois employé une véritable vis formée d'un tube enroulé en spirale autour de l'axe, dont l'effet est le même que celui de la vis d'Archimède, mais dont la construction est moins simple et ne peut guère s'effectuer sur de grandes dimensions.

Roues à palettes plates. Les palettes d'une roue, mues dans une direction inverse de celle dans laquelle se meuvent habituellement les roues à palettes, feront monter



1697. 1698.

l'eau dans le coursier et élèveront à son niveau supérieur, qui ne peut atteindre celui du centre de la roue, l'eau qui est à la partie inférieure (fig. 1697). Les palettes peuvent encore se mouvoir sur une chaîne sans fin dans un conduit qui empêche l'eau d'échapper par leur pourtour (chapelet incliné) (fig. 1698).



1699.

Pompes (figure 1699). L'eau se trouvant introduite dans un corps de pompe cylindrique, si on fait descendre dans ce corps de pompe un piston muni d'une soupape s'ouvrant de bas en haut par la pression du liquide et qui, par suite,

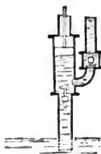
permettra au piston de descendre dans le liquide, on élèvera la colonne d'eau qui se trouvera au-dessus du piston, quand on fera remonter celui-ci, telles sont les *pompes élévatoires* qui servent à élever l'eau au moyen d'un mouvement rectiligne alternatif imprimé à la tige du piston. Si le piston était sans soupape et que celle-ci fût disposée à l'entrée du tuyau, l'eau serait refoulée par la pression du piston. Cette pompe est dite *pompe foulante*.

Pression atmosphérique. Le poids de l'atmosphère presse tous les corps qui existent à la surface de la terre ; si donc on parvient à supprimer en un point la pression atmosphérique, à faire le vide, les corps en communication avec ce vide devront se mettre en mouvement sous l'effet de cette force, s'ils ne sont retenus par une résistance trop considérable.

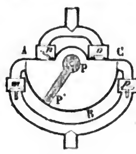
C'est toujours par la même disposition, dont nous avons parlé plus haut pour les pompes élévatoires, et, par suite, au moyen du mouvement rectiligne alternatif de la tige du piston qu'on parvient à faire un vide plus ou moins parfait dans l'espace qui communique avec le cylindre dans lequel est mû le piston qui, par le jeu de sa soupape, rejette l'air, comme nous avons dit qu'il élevait l'eau.

Si le corps de pompe communique avec un réservoir rempli d'eau, l'eau s'élèvera dans le tube de communication jusqu'à la hauteur de $10^m,33$, hauteur de la colonne d'eau qui fait équilibre à la pression atmosphérique. Telles sont les *pompes aspirantes* (fig. 1700).

Si un corps solide se trouvait en communication avec le corps de pompe et disposé de telle sorte que la pres-



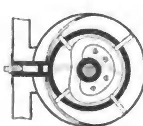
1700.



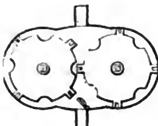
1701.

sion atmosphérique ne pût s'exercer qu'à sa surface postérieure, ce corps se mettrait en mouvement et entraînerait (pourvu que la résistance ne fût pas trop considérable) les corps qui lui seraient attachés. C'est ainsi qu'agit le piston du chemin de fer atmosphérique.

La fig. 1701 représente la pompe de Bramah qui peut agir au moyen d'un mouvement circulaire alternatif. Le corps de pompe a la forme d'un demi-cylindre



1702.



1703.

ABC. Le piston est ici PP', qui, agissant vers A, ferme la soupape *m* et ouvre la surface *n* en agissant comme pompe foulante, tandis que la soupape *p* est ouverte par le vide fait en arrière du piston, et la soupape *o* fermée par le poids de l'eau

On a construit des pompes agissant par un mouvement continu de rotation. La fig. 1702 représente la pompe de Dietz, la plus usitée, dans laquelle les séparations mobiles rentrent et sortent par l'effet d'une courbe en cœur immobile, et produisent l'aspiration et l'élévation du liquide.

La fig. 1703 représente un autre système fort simple, mais avec aucun de ces systèmes on n'est parvenu jusqu'ici à produire un effet utile égal à celui des pompes à piston.

Machine à force centrifuge. Des tuyaux inclinés et plongeant dans un liquide sont fixés à un axe vertical et reçoivent un mouvement rapide de rotation autour d'un axe. Cette rotation produit une force centrifuge qui force les molécules liquides à s'élever le long des tubes inclinés d'où elles s'écoulent par les orifices supérieurs.

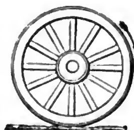
Le principe de cette machine, évidemment défectueuse, puisqu'elle abandonne l'eau animée d'une grande vitesse, a trouvé une heureuse application dans les machines à sécher les étoffes mouillées au moyen de la force centrifuge.

Résistances d'inertie. — Résistances passives.

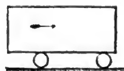
Nous diviserons les moyens employés pour mettre les corps en mouvement en quatre sections, savoir : traction, réaction, impulsion, compression.

Traction. Ce sont, en général, les moteurs animés qui agissent par traction et qui, au moyen des efforts que leur permet d'exercer la résistance qu'ils rencontrent dans le sol, déterminent le mouvement.

Les grandes résistances qui s'opposent au mouvement des solides sur le sol sont la compressibilité du sol sur un chemin de niveau, l'action de la gravité à surmonter sur les plans inclinés qu'il faut gravir, enfin le frottement qui a lieu pendant le mouvement. La première de ces résistances est résolue plus ou moins complétement par la construction des routes ferrées, pavées, mais surtout des chemins de fer. La seconde est diminuée autant qu'il est possible par les tranchées souterraines, viaducs, et, en un mot, par tous les travaux de l'art de l'ingénieur pour obtenir la voie la plus horizontale qu'il soit possible d'obtenir. La dernière est considérablement diminuée par l'organe bien connu, par les roues (fig. 1704) qui transforment, pour la très majeure partie, le frottement de glissement en un frottement de roulement beaucoup moins considérable. Les roues qui se meuvent circulairement quand le mouvement s'opère en ligne droite, ont permis d'effec-



1704.



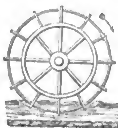
1705.

tuer le mouvement sans traction en agissant par pression sur les rais de la roue, lorsque celle-ci éprouve sur le sol une résistance suffisante. Il en résulte un mouvement de rotation qui détermine le mouvement progressif de la voiture.

Les rouleaux (fig. 1705), si employés dans le transport des fardeaux, agissent comme les roues, en transformant en totalité le frottement de glissement en un frottement de roulement : le chemin décrit par le

fardeau est double du chemin parcouru par les rouleaux qui le portent.

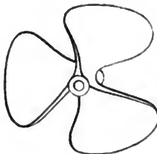
Réaction. Pour se mouvoir à la surface de l'eau, indépendamment de la traction directe de moteurs placés à terre, ou de forces étrangères agissant dans le sens du mouvement, comme les courants, les vents, on ne peut employer comme point d'appui pour la force au moyen de laquelle on peut mettre le corps flottant en mouvement que la réaction du liquide, la résistance d'inertie qu'il oppose à se mouvoir lui-même.

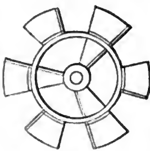

1706.

L'organe habituellement employé (en ne tenant pas compte de la rame employée à la main généralement ; car son emploi par moteur mécanique, sous forme de pales articulées ou autre, n'a jamais procuré de bons résultats) est la roue à palettes (fig. 1706), qui, plongeant dans le liquide par la partie inférieure seulement, trouve dans l'eau une résistance suffisante pour mettre en mouvement le corps flottant sur les flancs duquel il est attaché. Il agit par un mouvement circulaire continu.

On a depuis peu essayé avec succès l'emploi d'un autre organe qui offre cela de remarquable, qu'il agit étant entièrement plongé dans le fluide ; nous voulons parler de la vis qui, tournant dans l'eau, trouve une résistance de même nature que la vis qui entre dans le bois, ce qui la fait progresser, et par suite le bateau dont elle fait partie.

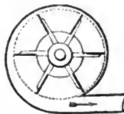
La figure 1707 représente la vis Smith à noyau


1707.


1708.

plein, et la figure 1708 la vis Ericson, qui n'agit que par des palettes éloignées de l'axe ; elles opèrent également par un mouvement circulaire continu.

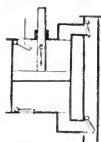
Impulsion. L'impulsion directe ne s'emploie guère, dans l'industrie, que pour donner aux gaz une grande vitesse dans l'appareil dit ventilateur (fig. 1709), qui n'est autre chose qu'une roue à palettes chassant l'air avec une grande vitesse dans un conduit terminé par une buse analogue à celle des autres machines soufflantes.


1709.

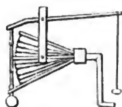
Compression des gaz. La grande élasticité des gaz permet de les mettre en mouvement, au moyen de leur compression dans un réservoir dont ils s'échappent par un orifice.

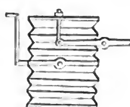
Le principal moyen de compression est l'emploi d'une pompe analogue aux pompes à eau (fig. 1710), la soupape s'ouvrant de l'extérieur vers l'intérieur, à chaque course une nouvelle quantité de gaz est comprimée dans le réservoir.

Au lieu de corps de pompe et de piston, on emploie souvent deux surfaces s'écartant et se rapprochant et réunies par des cuirs ; ce sont les soufflets triangulaires (fig. 1711) ou cylindriques (fig. 1772) ou des caisses s'éloignant ou se rapprochant, pour les souffleries de forges. C'est par le jeu des soupapes que l'air se trouve emprisonné, pour être ensuite comprimé et chassé par les mouvements rectilignes ou circulaires alternatifs des plateaux et caisses.


1710.

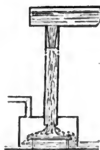
Une machine spéciale, la trompe (fig. 1713), réunit le moteur à l'opérateur. L'eau descendant d'un réservoir

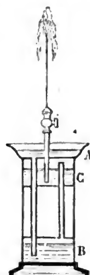

1711.


1712

entraîne de l'air qu'elle dégage, en se brisant sur une table à la partie inférieure. Celui-ci ne peut s'échapper par le passage que ferme l'eau, et est forcé de sortir par la buse. Cette machine est très défectueuse au point de vue dynamique. (Voyez MACHINES SOUFFLANTES).

On doit à M. Cagniard de Latour une soufflerie mue par un mouvement circulaire continu ; elle consiste dans une vis d'Archimède plongée dans un liquide, tournant inversement du mouvement nécessaire pour élever de l'eau. Une colonne d'air descend le long des spires, et s'écoule par la partie inférieure sous la pression due à la hauteur de la colonne d'eau au-dessus du point de sortie.


1713.



1714.

La compression de l'air sert aussi à élever les liquides dans la fontaine de Héron (fig. 1714) par sa propriété d'être un ressort parfait. On a construit une grande machine d'épuisement à Schemnitz, qui n'est que l'exécution en grand de cette fontaine. A, est une capacité contenant de l'eau. Elle communique avec une capacité B, renfermant de l'air à sa partie supérieure. L'eau du vase A s'écoulant dans la capacité B, le niveau s'é-

lèvera dans celle-ci : l'air sera donc comprimé dans sa partie supérieure, et par suite dans la capacité C, d'où l'eau jaillira par le tube qui descend jusqu'au fond de ce vase.

Résistance pour faire prendre à un corps une forme déterminée

Des outils proprement dits. Le but des outils est d'opérer, par une action mécanique, un changement dans la dimension des corps, et de créer les différentes formes employées dans les arts. Produits de l'intelligence humaine, ils sont la base de toute civilisation. Les sauvages les connaissent à peine, ou ceux qu'ils possèdent sont si imparfaits, qu'il leur faut un temps infini pour arriver à produire la forme la plus simple. Aussi peut-on mesurer le degré de civilisation d'un peuple à la plus ou moins grande perfection de ses outils, à la plus ou moins grande rapidité avec laquelle il parvient à donner à la matière une forme déterminée. Celui qui découvrit la propriété de l'acier de se durcir à la trempe, et de devenir ainsi l'agent au moyen duquel on peut attaquer la plupart des autres corps, a rendu à la civilisation le service le plus signalé. Sans cette découverte, nous serions peut-être encore à l'état barbare.

On peut travailler les différents corps à chaud ou à froid : toutes les matières ne se prêtent pas au premier genre de travail, parce qu'elles n'ont pas toutes la propriété de se ramollir sous l'action d'une température élevée. Aussi le travail à chaud n'est-il applicable que pour certains métaux, c'est le cas pour le fer : l'action de la chaleur ne fait que le ramollir, et c'est au moyen des outils agissant par *percussion* qu'on parvient à lui faire revêtir une forme déterminée. C'est un des cas peu nombreux, où l'emploi de l'acier ne soit pas indispensable : aussi le travail de la forge remonte-t-il à une haute antiquité. Il faut ajouter cependant que beaucoup de marteaux sont en acier ou garnis d'acier.

Dans le travail à froid, l'emploi de l'acier devient indispensable : ce corps, comme on le sait, possède la propriété de se durcir par la trempe, c'est-à-dire par un refroidissement brusque. Il est plus dur que les matières à travailler et plus dur que lui-même avant la trempe : aussi peut-on employer l'acier trempé à faire des outils d'acier non trempés, qui, lorsqu'ils auront subi la même opération que les premiers, deviendront propres à travailler presque tous les autres corps. L'opération de la trempe rend l'acier cassant ; mais on parvient, au moyen du recuit, à diminuer sa fragilité en même temps que sa dureté, ce qui permet d'obtenir seulement le degré de dureté nécessaire ; ainsi pour travailler des matières tendres, emploiera-on l'acier d'une faible dureté, afin de ne pas courir le risque de voir les outils se briser.

On ne rend dur, dans un outil, que la portion qui doit attaquer la matière à travailler ; le reste n'étant pas trempé présente une plus grande résistance, et ne risque pas de se casser. La partie trempée, quoique plus dure que le corps qu'elle attaque, s'use toujours : aussi doit-on pouvoir la réparer avec facilité. Un outil n'est parfait qu'à cette condition, et toute disposition tendant à atteindre plus complétement ce but pour un outil, sera un perfectionnement réel.

Le grès possède la propriété précieuse d'attaquer l'acier trempé : c'est à l'aide de meules en grès tournant d'un mouvement continu qu'on affûte le taillant des outils, qui doivent être disposés, autant que possible, de manière à être affûtés facilement. La lime, la fraise, la filière simple, qui ne jouissent pas de cette propriété, ne sont pas des outils parfaits. Une lime usée ne peut plus être employée ; il faut la rejeter. Une fraise usée doit être détrempée et limée de nouveau, et on sait qu'il n'y a rien qui appauvrisse ou décarbure l'acier, comme d'être trempé et détrempé souvent.

Quand les outils sont importants, il est souvent avantageux de faire le corps en fer, et d'ajuster des parties d'acier fondu là où de la dureté est nécessaire. Ce cas se présente dans les cisailles ; il est alors facile d'affûter les parties qui travaillent, et de les remplacer quand elles viennent à se briser. Dans beaucoup de petits outils, on soude l'acier à l'extrémité du corps en fer.

L'importance extrême des outils et du travail qu'ils doivent effectuer fait aisément comprendre l'intérêt que présente l'étude de leur mode d'action, du mouvement le plus convenable qu'on doit leur donner, puisque c'est cette connaissance seule qui peut permettre de remplacer le travail de la main par l'emploi des forces naturelles, et aussi de quelle importance est souvent l'invention de nouveaux outils dus, en général, au travail patient et intelligent de l'ouvrier.

Les parties élémentaires des outils ne peuvent déplacer, donner un mouvement à la matière sur laquelle on opère, sans être une machine simple, c'est-à-dire de l'ordre *tour* ou de l'ordre *plan*, le levier pouvant être compris partiellement dans l'ordre tour.

Nous diviserons les outils en trois sections principales, en remarquant que les surfaces dont on fait usage dans les arts ont, en général, pour génératrices la ligne droite ou le cercle, ou des lignes dont la génération se déduit du mouvement d'un cercle ou d'une ligne droite, les seules dont l'exécution et le tracé puissent être obtenus avec facilité :

1° Outils agissant par *pression*. { action rectiligne, action circulaire.

2° Outils agissant par *usure*, en enlevant en parcelles très menues l'excédant de la matière . . . . . { action rectiligne, action circulaire.

3° Outils agissant par *division*. . . . {
- action rectiligne,
- action circulaire. . . . . { de l'outil, du corps sur lequel on opère.
- action suivant une courbe. . { à l'extérieur. à l'intérieur.

I. Outils agissant par pression.

ACTION RECTILIGNE

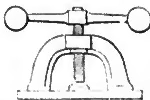
Avec choc. Nous traiterons d'abord des outils agissant par choc, puis ceux agissant sans choc. Comme nous l'avons déjà dit, les premiers ne doivent être employés qu'autant que la nature du travail à effectuer exige absolument ce mode d'opérer, et ils doivent être remplacés par les seconds toutes les fois qu'il est possible d'obtenir ainsi le même travail.

Un corps dur, pesant, soulevé et retombant d'une certaine hauteur, ayant par suite un mouvement rectiligne ou circulaire alternatif, est le principal opérateur pour agir par choc ; tels sont le *mouton*, le *pilon*, et les *marteaux* soulevés verticalement par l'action d'un moteur. Ces organes servent à réduire en poussière les corps non malléables, et à donner aux corps malléables la forme de la force du marteau et du support inférieur dans lequel ils sont reçus, qui est dit *matrice* quand la forme est compliquée et qui doit être très résistante pour ne pas être détruite par le choc ; elle est habituellement en acier trempé.

Le *balancier* (fig. 1715) dont la partie agissante se meut en ligne droite par communication d'un mouvement circulaire est un outil agissant par percussion d'une grande puissance. En effet, la force vive emmagasinée dans les boules pouvant être considérable, et le corps déjà écroui, se laissant pénétrer difficilement, il en résulte

une pression énorme pour amortir la force vive par un faible enfoncement.

Si le but à atteindre est, comme dans le balancier, d'obtenir l'amortissement presque instantané des forces d'inertie, alors, pour obtenir un choc, pour rendre la vitesse des parties en mouvement plus grande, on augmente le pas de la vis, et pour augmenter la résistance on emploie plusieurs filets de vis égales qui agissent simultanément.

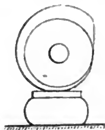

1715.

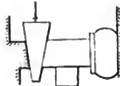
Quand le corps malléable sur lequel on opère a une épaisseur suffisante, c'est par un refoulement général du corps qu'on agit pour lui donner la forme voulue; par le refoulement général de la masse dans l'étampe-matrice, à l'aide d'un marteau dont la surface est plate, etc. Si le corps est peu épais on ne saurait agir ainsi sans détruire la matrice, souvent précieuse, lorsqu'il s'agit du travail de l'orfévrerie, de la bijouterie, etc. Il faut alors, quand on veut obtenir des arêtes très vives donner la percussion avec un corps dur (un *coin* en acier trempé) dont la saillie rentre exactement dans la matrice qui lui correspond.

On peut se dispenser de l'emploi du coin quand on ne veut obtenir, sur des plaques minces, que des surfaces en ronde-bosse d'une moindre perfection que celles obtenues ainsi à l'aide d'une gravure coûteuse. Il faut alors employer un corps mou, le plomb par exemple, qui se moule lui-même sur la matrice, de telle sorte que l'inertie du choc se porte en entier sur les parties saillantes qui doivent être refoulées. C'est ainsi que se fabriquent les cuivres estampés.

Si au lieu de mouler les corps on voulait découper dans une pièce, il faudrait chasser le poinçon, l'emporte-pièce à travers la pièce à travailler avec une grande puissance. Les organes pouvant donner avec l'énergie suffisante le mouvement rectiligne convenable seraient ceux dont nous venons de nous occuper, c'est-à-dire le marteau, le mouton, le levier, le balancier à vis, l'excentrique, etc.

Sans choc. Dans les opérateurs, opérant sans choc, se rangent les diverses espèces de presses, consistant en deux plateaux qui se rapprochent l'un de l'autre par l'action d'une force. Le *levier*, le *coin* (fig. 1716), mû souvent par choc, la *vis* (fig. 1718), dont le pas est

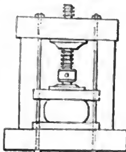

1716.

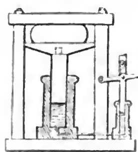

1717.

alors petit pour que la pression soit considérable, l'*excentrique* (fig. 1717), sont les organes principaux qui servent à déterminer le mouvement d'un plateau; ce sont, en un mot, les organes qui peuvent lui donner un mouvement rectiligne.

Nous devons citer ici l'introduction du choc dans les presses à vis dites à *toc*, qui en accroît considérablement l'effet. On garnit la tête de la vis d'un volant en fonte d'un poids considérable qui, indépendant en partie de la vis, peut tourner autour de son axe. En lui imprimant une certaine vitesse, ce volant produit un choc sur la tête de la vis au moyen de faces planes verticales pratiquées sur le cylindre de la vis. Ce choc la fait tourner, car il en résulte un effet considérable par suite du chemin peu considérable du travail qui consomme la force vive du volant.

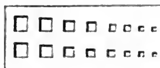
Pascal, mettant à profit l'incompressibilité des liquides et leur propriété de répartir les pressions en tous sens, a inventé la presse hydraulique (fig. 1719), qui multiplie dans le rapport des surfaces du grand à


1718.


1719.

celle du petit piston l'effort exercé sur celui-ci, et permet d'obtenir des pressions extrêmement considérables. Le mouvement à imprimer pour faire agir cet opérateur est donc un mouvement rectiligne alternatif à la tige du piston.

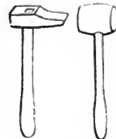
Il est un outil qui reste fixe pendant que l'on donne au corps sur lequel on opère un mouvement rectiligne, c'est la *filière* du banc à tirer (fig. 1720). Elle consiste généralement en une plaque composée d'une étoffe d'acier, soudée entre deux plaques de fer pour qu'elle ne s'égrène pas, et dans laquelle sont percés des trous de la section du fil que l'on veut obtenir.


1720.

Quelquefois, au lieu d'une plaque, on emploie des coussinets en acier maintenus dans un châssis, telle est la filière mécanique. Le corps, contraint à traverser par un effort de traction, se trouve prendre une forme cylindrique dont la section extérieure est celle de la filière. En disposant un mandrin cylindrique à l'intérieur du corps, on obtiendra des tuyaux creux. Il faut avoir soin de faire mouvoir le corps à étirer lentement et d'une manière continue pour qu'il ne rompe pas, et se désagrège pas en petits cônes emboîtés. Il faut pour cela le faire passer par des trous successivement décroissants et le faire recuire pour restituer aux molécules leur adhérence.

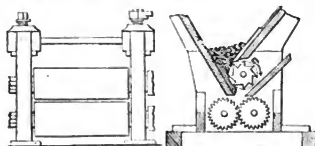
ACTION CIRCULAIRE.

Les outils agissant avec choc sont les *marteaux* (figure 1721), *martinets*, etc., se mouvant par un mouvement circulaire alternatif, et qui sont le moyen d'action par excellence pour agir sur les corps assez malléables, à froid ou à chaud, pour que leurs formes soient modifiées sans qu'ils se désagrégent.


1721.

Le *laminoir* (fig. 1722) est le principal outil de cette section agissant par action circulaire continue, aussi son emploi prend-il chaque jour de l'accroissement, et est-il extrêmement avantageux. Le corps entrant entre

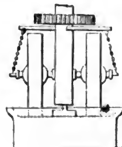
les deux cylindres, entraîné par leur rotation en sens contraire, s'écrase et s'allonge en augmentant de densité. Si les deux cylindres sont plats, on étire ainsi le métal en planches. S'ils sont cannelés, on produit des cylindres dont la section correspond à celle des cannelures ; si l'un des cylindres porte un relief et l'autre un creux correspondant, le corps laminé reproduira la forme du corps engendré par l'intervalle des deux cylindres à la ligne de contact. La résistance énorme qu'éprouve le laminoir, oblige à employer un volant d'un poids considérable pour qu'il puisse surmonter la résistance qui s'oppose au mouvement.



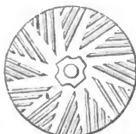
1722. 1723.

Un petit cylindre en acier trempé, dit molette, et gravé en creux ou en relief, permet, par une action circulaire analogue à celle du laminoir, de graver par action mécanique des corps moins durs que lui, le cuivre, l'acier non trempé, etc.

Le laminoir à cylindres unis, ou cannelés dans le sens des génératrices (fig. 1723), agissant sur des corps non malléables, produit l'écrasement. On emploie encore les meules verticales (fig. 1724) et horizontales (fig. 1725). Les premières agissent à la fois par leurs poids et par le mouvement de friction qu'occasionne le mouvement autour d'un axe.



1724.



1725.

Les secondes qui marchent plus vite agissent par la pression qui résulte de leurs oscillations, et aussi comme outils coupants, au moyen de rainures pratiquées dans la surface de la meule supérieure en sens contraire de celles de la meule inférieure qui est fixe. Telles sont les meules pour moudre le blé.

E. Outils agissant par râpage et polissage.

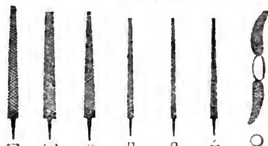
ACTION RECTILIGNE.

Les *limes* (fig. 1726) de toute espèce constituent l'organe par excellence de ce mode de travail, qui, n'enlevant à la fois que de petites quantités de matière, permet d'obtenir les formes convenables avec une grande exactitude.

Leurs formes extérieures, leurs tailles, varient avec la forme qu'il s'agit d'obtenir, avec le degré de précision à atteindre dans le dressage.

Le grand défaut de la lime est d'être un outil coûteux dans son emploi, tant parce que d'après son mode d'action son travail est lent, que parce que c'est un outil qui ne peut se repasser, s'affûter, que par suite la moindre usure le met hors de service.

La taille des limes, qui forme autant de dents qui déchirent la surface du corps, doit être en rapport avec la dureté du corps sur lequel on opère, et la rapidité du travail à effectuer suivant l'état plus ou moins avancé du travail de dressage. L'écartement des dents doit être en rapport avec la *sécheresse du corps*, pour que la lime ne s'empâte pas. C'est, d'après ces considérations, qu'on emploie la râpe pour le bois, l'écouenne pour l'ivoire, les grosses limes dites d'Allemagne, pesantes, et à taille résistante pour débiter, des tailles de plus en plus fines pour terminer et polir les pièces.



1726.

Les parties saillantes de la lime peuvent être remplacées quelquefois par des grains d'un corps dur. Ainsi le grès composé de grains très durs agglomérés dans une masse moins résistante forme une espèce de lime et remplit le même effet dans certaines opérations. C'est ainsi que le grès sert à affûter les outils.

Les grès en poudre, l'émeri, servent à rôder les surfaces. Si on place, par exemple, du grès entre deux surfaces de marbre et qu'on les promène l'une sur l'autre, sous une certaine pression, les parties saillantes des surfaces se rôderont sous l'effet du mouvement horizontal imprimé à une des surfaces.

L'émeri sert de même à polir l'acier trempé ; la surface qui le reçoit doit être assez tendre, d'étain par exemple, pour que l'émeri s'incruste et ne soit pas chassé par le frottement de la pièce que l'on promène sur la surface.

Nous verrons ci-après l'emploi de la poudre de diamant pour produire le même effet.

ACTION CIRCULAIRE.

Un cylindre portant des saillies très dures est la disposition généralement employée pour effectuer circulairement un travail analogue à celui de la lime. Telles sont les meules d'acier taillées comme les limes, à la circonférence, qui servent à faire les pointes des aiguilles.

Les piles à papier, qui lacèrent le papier au moyen de lames placées sur les circonférences d'un cylindre et qui le déchirent en le comprimant entre leur circonférence et un plan immobile, constituent un outil de ce genre.

Le grès constitue naturellement un appareil de ce genre, extrêmement précieux, parce qu'il permet de repasser les tranchants en acier trempé en usant la surface de l'acier. On l'emploie sous forme de meules que l'on fait mouvoir autour d'un axe et contre la circonférence desquelles on applique l'objet en acier par la partie que l'on veut user.

Le mouvement de rotation est très favorable à l'intensité d'action de l'intermédiaire qui agit sur le corps dur, par la facilité que l'on éprouve à l'obtenir avec une grande vitesse d'où résulte l'accroissement d'effet. C'est

ainsi qu'il est employé (fig. 1727) pour tailler les cristaux.

En disposant de l'émeri en poudre sur une meule en étain, on agit très bien sur l'acier trempé, et en s'en servant sur le plat, on dresse ainsi des pièces plates avec précision.

Enfin, en employant de l'égrisée, du diamant en poudre, on attaque le diamant et on met à nu les plans du clivage. Ce moyen est même le seul qui puisse servir à tailler le diamant, le corps le plus dur de ceux sur lesquels on opère, et qui par suite ne peut être attaqué par aucune substance moins dure que lui, et ne peut être attaqué par lui-même, par un corps d'égale dureté, qu'autant que la vitesse et la répétition de l'action viennent accroître l'usure infiniment petite qui a lieu à chaque instant.

Tout le travail de lapidaire repose sur l'emploi de la roue, et d'une poudre très dure.

1727.

Il est un genre de polissage qui, sans enlever de matière d'une manière sensible, est destiné à donner à un corps de l'éclat, du poli. Cet effet résulte du frottement d'un corps dur parfaitement poli, exempt de toute arête qui puisse produire une rayure sur le corps à polir, sous une certaine pression.

C'est surtout par un mouvement rectiligne alternatif qu'on produit cet effet, qui a pour but de boucher tous les pores, de replier toutes les facettes qui ne réfléchiraient pas la lumière. L'instrument en os, en corne pour les substances molles, en acier trempé pour les substances dures, prend divers noms et différentes formes suivant celles du corps à travailler, tels sont les *polissoirs*, les *brunissoirs*, etc.

Toutes les poudres dures et très fines, l'émeri, le verre pilé, la ponce, etc., polissent les corps contre lesquels on les fait frotter. Pour les corps de faibles dimensions on emploie souvent des tonneaux que l'on fait tourner autour de leur axe après les avoir remplis de ces poudres et du corps à polir.

III. Outils agissant par division.

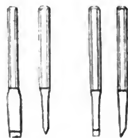
ACTION RECTILIGNE.

Outils agissant sur les corps durs. Les outils opérant par division séparent les parties excédantes au moyen d'un tranchant en forme de coin, sur les propriétés duquel reposent tous les outils servant à diviser, dont le tranchant n'agit que comme coin (fig. 1728); c'est-à-dire, sépare le corps en deux parties en refoulant la matière des deux côtés par les surfaces inclinées.

L'angle du tranchant doit être en proportion de la



1728.

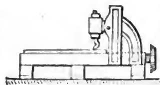


1729.

résistance du corps sur lequel on opère, en remarquant que l'incision a lieu d'autant plus facilement qu'il est plus aigu et que la force qui pousse le burin n'est plus employée en aussi grande quantité à refouler de chaque côté le corps sur lequel on opère. Un tranchant trop aigu se recourbe ou s'égrène suivant la dureté de la trempe, en agissant sur un corps dur. On ne doit jamais descendre au-dessous de 24° pour travailler la fonte et l'acier. L'outil agissant en forçant le corps moins dur que lui à se déplacer devant lui quand il est en mouvement, si donc l'outil est aigu du tranchant, et poussé en avant avec une force suffisante, tel que le *burin* du graveur ou le *burin* à buriner (fig. 1729) du mécanicien, il enlèvera des copeaux aigus ou plats du corps.

Dans l'emploi de ces outils mus à la main, ou, pour le dernier, chassé à coups de marteau, l'action est essentiellement variable, et la surface qui pourra être ainsi dressée ne saurait être plate ; condition qui, étant le point de départ de tous les assemblages, doit presque toujours être remplie avec une grande précision. Aussi faut il reprendre avec la lime les surfaces dressées au burin, ce qui cause un travail long et coûteux, tant par la lenteur de l'opération que parce que, ainsi que nous l'avons dit, la lime est un outil imparfait qui est rapidement usé et ne se répare pas comme le ciseau par un repassage.

C'est un des grands progrès de l'art du constructeur, d'avoir obtenu pour le fer l'effet que nous verrons plus loin avoir été obtenu pour le bois, au moyen du rabot; nous voulons parler des *machines à raboter, à planer*, qui ont permis de substituer avec avantage le travail mécanique du ciseau au travail de la lime mue à la main, et avec tous les avantages d'un travail bien plus rapide par la possibilité d'employer de grandes forces à faire mouvoir l'outil.



1730.

Ces machines (fig. 1730) consistent en un train se mouvant sur des guides parallèles et auquel est adapté un ciseau qui se meut transversalement à la fin de chaque course. Le ciseau n'attaquant qu'une faible épaisseur, et surtout ne pouvant descendre, et produisant par suite une surface nécessairement plate, opère avec facilité et produit des surfaces parfaitement droites des plus grandes dimensions.

En donnant au ciseau un mouvement vertical alternatif on construit les machines à mortaiser qui fonctionnent d'après les mêmes principes.

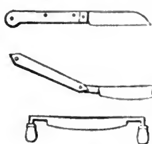
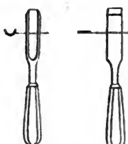
Corps beaucoup moins durs que l'acier et corps fibreux. Le tranchant des outils agissant sur les corps fibreux, le bois notamment est formé d'un angle bien plus aigu que celui des outils qui agissent sur les corps durs. L'action de coin, d'écartement des surfaces diminuant en proportion de l'inclinaison, ces outils ont peu d'effet par leur simple pression perpendiculaire aux fibres. Mais si on donne aux tranchants un double mouvement rectiligne en les faisant mouvoir dans le sens de la longueur, le tranchant formé d'une série de dents extrêmement fines, coupe les fibres, et le travail avance beaucoup plus vite. C'est ainsi que s'emploient le *canif*, le *couteau*, le *rasoir*, etc. (fig. 1731).

Pour que le tranchant agisse bien par l'effet d'un seul mouvement rectiligne, on courbe la lame, ainsi qu'on le fait pour les sabres, d'où résulte le double effet décrit ci-dessus. On construit ainsi la *plane* (fig. 1731), outil tranchant qui se manie à deux mains.

Le *burin*, le *ciseau*, la *gouge*, etc. (fig. 1732), affûtés convenablement, agissent sur les corps fibreux, comme les outils analogues sur les corps durs.

Pour travailler et dresser le bois dans le sens des fi-

bres, on emploie le *rabot* (fig. 1733), qui n'est autre chose qu'un fer de ciseau incliné pour couper et retourner les fibres du bois et guidé par un prisme de bois dans lequel il est monté et qu'il dépasse d'une petite quantité.

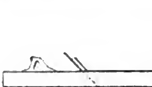
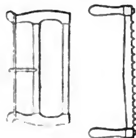



1731. 1732.

La face de ce prisme s'appliquant sur la surface à dresser, l'empêche de pénétrer à des profondeurs irrégulières et plus grandes que la saillie du fer.

Du mode d'opérer des tranchants sur les corps fibreux, il résulte que leur action peut être augmentée, pour débiter plus vite, en rendant plus sensibles les petites dents dont il est formé, en les rendant discontinus. Telle est la *scie* (fig. 1734) composée généralement de dents de forme triangulaire, quelquefois en forme de crochet, taillées dans une lame d'acier tendue dans une monture.

Pour que cette lame n'éprouve pas de résistance par le frottement des parties latérales préalablement entail-

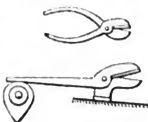



1733. 1734.

lées, on écarte les dents alternativement à droite et à gauche pour qu'elles produisent une fente plus épaisse que la lame. Cet écartement est la *voie* de la scie.

Dans les scieries mécaniques l'expérience a montré que la vitesse moyenne du châssis portant la scie, et auquel est imprimé un mouvement rectiligne alternatif, doit être de 1m,28 par seconde. Celle du chariot qui porte la pièce dépend de l'épaisseur de la pièce à débiter; la surface du sciage doit être d'environ 86 cent. carrés par seconde.

ACTION CIRCULAIRE. — ALTERNATIVE. La hache qui s'emploie pour le travail des corps fibreux est un outil tranchant d'un poids assez fort pour que l'action soit considérable par suite du choc.



1735.

Les *cisailles* (fig. 1735) constituent l'outil principal de cette division, se mouvant par mouvement circulaire alternatif. Variées de disposition, la partie opérant le travail consiste toujours en deux pièces d'acier à biseau extérieur ou à angle droit qui se meuvent au contact l'une de l'autre, de telle sorte qu'un corps placé entre les deux lames se trouve coupé par leur mouvement.

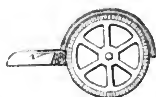
ACTION CIRCULAIRE CONTINUE. — EXTÉRIEURE AU CORPS. Les outils que nous venons de décrire peuvent la plupart être transformés ou disposés de telle sorte que leur travail puisse s'opérer au moyen d'un mouvement circulaire continu.

Des lames tranchantes disposées sur une inclinaison convenable dans le sens des génératrices d'un cylindre forment un outil tranchant qui agit par un mouvement de rotation. Telle est la *râpe* au moyen de laquelle on réduit la betterave en pulpe très fine (fig. 1738).

Si on juxta-pose deux cylindres d'acier par leurs arêtes tranchantes ou rectangulaires, on obtient une cisaille (fig. 1736) agissant par un mouvement circulaire continu. Les taillants des trousses de fenderie (voyez FER) sont des cisailles continues de ce genre.

En taillant en forme de dents, la circonférence d'une plaque circulaire de tôle, d'acier trempé, on obtient la *scie circulaire*, outil extrêmement avantageux et dont



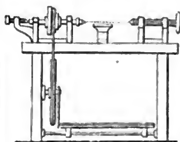


1736. 1737. 1738.

l'emploi s'accroît chaque jour. On leur donne à l'aide d'engrenages une vitesse de 3 à 6 mètres à la circonférence.

En entaillant la surface d'un solide de révolution qui se meut autour d'un axe, de manière à ce que les arêtes forment des tranchants, on obtient les outils désignés sous le nom générique de *fraises* (fig. 1737), dont l'emploi est très fréquent aujourd'hui. Coniques et agissant dans le sens de leur axe, elles servent à produire des cavités de cette forme; cylindriques et agissant latéralement, elles servent à former des rainures dont la section a la même forme que la génératrice droite ou courbe du cylindre; enfin planes elles servent à entailler et dresser des surfaces.

TRAVAIL DU CORPS MU CIRCULAIREMENT. Les *tours* (fig. 1739) constituent un mode de travail particulier, obtenu avec des outils fixes sur le corps en mouvement. Tandis qu'en général c'est l'outil qui marche et la pièce qui reste fixe, dans le tour la pièce en mouvement rencontrant l'outil fixe laisse sur celui-ci les parties qui excèdent le cercle compris entre l'axe autour duquel la rotation a lieu et l'outil.



1739.

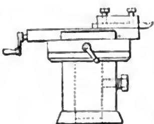
Les moyens de communiquer à la pièce un mouvement circulaire continu ou alternatif sont ceux décrits dans les sections précédentes pour produire un semblable mouvement. Quant à l'outil, il se compose de burins aigus, droits ou recourbés, qui prennent le nom de crochets, de burins plats, etc.

La pièce à tourner étant portée sur les deux pointes du tour dont l'une reçoit un mouvement de rotation continu, est rendue solidaire de celle-ci à l'aide d'un crampon. La vitesse du tour doit être en rapport avec

la résistance du métal. Voici les vitesses que l'on donne généralement :

Pour la fonte douce $0^m,075$ par seconde ;
la fonte dure $0^m,020$ par seconde;
le fer $0^m,150$ par seconde;
le cuivre jaune et le bronze, la plus grande possible.

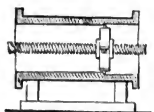
Par les mêmes raisons que nous avons données, pour montrer tout l'avantage qu'on retirait de la machine à raboter d'un système qui, limitant la course de l'outil, ne lui permet pas de s'engager au-delà d'un point dont le mouvement décrit la surface plate qu'il s'agit d'obtenir; de même on a trouvé un grand avantage à employer sur le tour le *support à chariot* (fig. 1740), qui consiste en un train formé de deux pièces superposées pouvant communiquer un double mouvement rectiligne à angles droits à un burin fixé à la partie supérieure. Si donc on fait mouvoir celui-ci parallèlement à l'axe, le cylindre formé ainsi sera parfaitement régulier (sauf l'usure de l'outil, sensible en proportion de la résistance qu'on lui fait surmonter), puis faisant engager l'outil par l'effet de la disposition qui permet de lui donner un mouvement de progression vers l'axe central, l'opération recommence jusqu'à ce que le corps tourné soit amené au diamètre voulu.



1740.

Le support à chariot a fait du tour une machine-outil qui permet d'obtenir des cylindres avec plus de facilité même que des surfaces plates. Celles-ci peuvent être également obtenues sur le tour en les engendrant par une succession de cercles concentriques. Pour cela, il suffit de monter la pièce sur un seul des deux arbres du tour, et de placer le support perpendiculairement à cet axe.

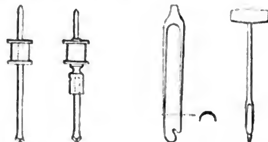
ACTION CIRCULAIRE.—INTÉRIEURE. Pour dresser les corps de pompe, les cylindres de machines à vapeur et de machines soufflantes, il a fallu établir une machine-outil consistant, comme la plupart des autres, dans un burin mû convenablement, c'est-à-dire dans ce cas, guidé autour d'un axe et pouvant prendre un double mouvement le long de l'axe et dans le sens de l'axe. Tel est l'alésoir (fig. 1741). Pour régulariser les trous de petites dimensions, on emploie un cylindre d'acier coupé par deux plans inclinés parallèles à l'axe, et mû à la main par un vilbrequin (fig. 1511); guidé dans le trou par sa partie circulaire, il le régularise en l'attaquant suivant toute sa longueur par sa partie angulaire.



1741.

Forets, tarières, vrilles (fig. 1742 et 1743). Pour percer des trous dans les pièces on emploie des outils auxquels on donne un mouvement circulaire et une pression suffisante, et dont l'extrémité est formée de plans inclinés qui enlèvent le corps en le coupant et tout ainsi place pour pénétrer plus avant. La fig. 1742 représente les dispositions du *foret*, dont l'angle doit être d'autant plus renforcé et le taillant plus obtus que le corps à percer est plus dur.

Pour le bois on emploie les *mèches* (fig. 1743) qui ayant un tranchant fin, une cuillère creuse, enlèvent la matière avec rapidité. Enfin les *vrilles* et quelques *tarières* pénètrent par une pointe formant le sommet d'une vis conique ou d'une surface hélicoïdale également conique extérieurement. Le mouvement de pénétration à travers les fibres du bois est ainsi très facile, et les rebords de la cavité qui permettent de loger



1742. 1743.

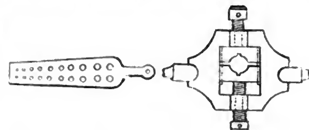
et porter à l'extérieur les parties coupées, agrandissent et régularisent le trou par l'action de leur bord tranchant.

ACTION SUIVANT UNE COURBE. La seule courbe employée dans les arts pour faire mouvoir un outil opérateur est l'hélice. Nous avons décrit la transformation de mouvement qui est la base de la machine-outil, dite *tour à fileter*, qui sert pour fabriquer les grosses vis et les gros écrous en faisant mouvoir un ciseau par le système indiqué.

Pour fabriquer les pas de vis sur l'emploi desquels reposent presque tous les assemblages, on emploie la *filière* et le *taraud*. Ces outils, composés de tranchants qui attaquent la matière suivant une ligne hélicoïdale, pouvant être composés d'un seul fer dont le mouvement convenable résulte de la disposition de l'outil, telles sont les filières à bois et même certaines filières nouvelles en métal. Mais pour le fer on multiplie en général les taillants.

Filière. La fig. 1744 représente la *filière simple* formée d'une plaque d'acier dans laquelle on a pratiqué des trous. Après les avoir filetés au moyen d'un taraud, on leur a donné des arêtes en pratiquant des sillons, qui rendent tranchantes les arêtes des filets, et leur permettent de creuser la tige cylindrique qu'on y fait entrer et à laquelle on donne un mouvement de rotation.

Dans les* *filières doubles* (fig. 1745) ces arêtes font partie d'une fraction d'écrou (ce qui permet d'en repasser les surfaces extérieures par un affûtage) qui se montent dans un châssis. Des vis de pression permettent de les serrer. Le pas de la tige se forme par le double mouvement de la filière, de rotation et de haut en bas en suivant le filet.



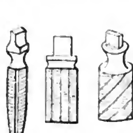
1744. 1745.

Taraud (fig. 1746). Le taraud qui sert à fileter les écrous n'est autre chose qu'une vis en acier trempé sur laquelle on a abattu des pans ou tracé des saillies qui rendent coupants les angles des filets. On commence le travail par des tarauds coniques entrant dans le trou percé trop petit au centre de l'écrou, et on termine par des tarauds cylindriques.

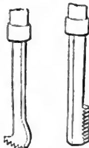
Le filetage et le taraudage se font à l'aide d'une machine pour les fortes pièces. Celle-ci consiste en un arbre ayant un double mouvement de rotation et de trans-

port entre ses supports. Le centre de cet arbre correspond au centre d'une pièce appelée filière, susceptible de recevoir des coussinets quand on veut fileter, des écrous quand on veut tarauder.

Le tour fournit aussi un moyen facile d'obtenir des vis, et s'emploie surtout pour obtenir les tarauds. Pour cela on présente à la surface de la pièce montée sur le tour un crochet de forme dentée appelé *peigne* (fig. 1747), destiné à creuser simultanément plusieurs dents, et on donne à la pièce un mouvement de progression en rendant mobiles les pointes de tour, en faisant passer l'une d'elles dont la surface est filetée sur un écrou fixe dont le pas règle la progression de la pièce à fileter.



1746.



1747.

Nous aurions dû nous étendre beaucoup sur les outils que nous venons de passer en revue, si nous n'avions voulu nous borner à étudier seulement la nature des mouvements qu'elles nécessitent pour effectuer leur travail, afin de ne pas faire double emploi avec les articles spéciaux que nous consacrons dans cet ouvrage à chaque machine-outil. CH. LABOULAYE.

MÈCHE (*angl.* wick, *all.* docht). Voyez BOUGIE.

MÈCHE (*angl.* bit, *all.* bohreisen). Outil d'acier qui sert à percer des trous dans le bois. Il est formé d'une tige carrée qui se fixe dans un trou semblable pratiqué au bout d'un *vilbrequin*; l'autre bout a la forme d'une gouge dont les dimensions varient avec celles des trous que l'on veut pratiquer. Lorsqu'on emploie une mèche ordinaire, pour faire un trou dans une planche, le bois est coupé net dans le sens de son fil, tandis qu'il est plutôt refoulé que coupé dans la direction perpendiculaire au fil.

La fig. 1748 représente la *mèche anglaise*. Cet outil est aplati par le bas et réduit à quelques lignes d'épaisseur, suivant l'effort qu'il doit faire, c'est-à-dire suivant la grosseur des trous qu'il doit produire. A peu près au milieu de sa largeur est une pointe *a*, dite *pivot*, ronde si l'on perce dans le bois, debout et à trois pans si c'est dans le bois de travers. Cette pointe détermine et conserve le centre du trou; cependant, pour plus de sûreté, on doit percer le bois en entier, lorsque cela est possible, avec une vrille plus petite que le diamètre de la pointe et bien perpendiculairement à la surface de la planche. *b*, est une pointe saillante, dite *traçoir*, et présentant un tranchant dans le sens où l'on fait tourner l'outil, qui est évidé entre ces deux pointes; le *couteau c*, est une saillie tranchante dans le sens où la mèche doit marcher; cette saillie est en biseau, et forme, avec le corps de la mèche, un angle de 40 à 45°; cette partie doit être bien perpendiculaire à l'axe de la mèche, afin que le trou soit parfaitement plat au fond, lorsqu'on ne veut pas percer tout à fait. La pointe *a*, doit passer un peu au-dessous du niveau *ef*, de la mèche, et être en outre un peu plus éloignée du pivot que l'arête extérieure du couteau, afin que celui-ci ne puisse atteindre la circonférence tracée par le traçoir. Cela posé, on conçoit aisément la marche de l'outil : le traçoir étant plus long commence à entrer le premier dans le bois et à cerner, en la découpant, la partie centrale, que le couteau coupe net, en faisant l'office d'un rabot.



1748.

D'après ce que nous venons de dire, on conçoit que les mèches ordinaires, dites *à cuiller*, doivent être employées dans le bois de bout; mais que, dans les bois de fil, elles produisent un très mauvais effet, en prenant deux fois le bois à rebrousse-fil, et que par suite elles l'écorchent et que les trous ne sont pas ronds. Les mèches anglaises, au contraire, sont particulièrement appropriées au bois de fil, tandis qu'elles n'entrent que difficilement dans le bois de bout, qu'elles ne percent que lentement et avec beaucoup d'efforts.

MÉDAILLES. Voyez MONNAIES.

MÉGISSERIE. Voyez TANNAGE.

MÉLASSE. Voyez SUCRE.

MELLITE (*angl.* honey-stone, *all.* honigstein). Substance assez rare analogue au *succin* ou *ambre jaune*, et appartenant également aux dépôts de lignite. Sa couleur est jaunâtre ou rougeâtre, sa cassure résinoïde, et il cristallise en octaèdre à base carrée. Sa densité = 1,58. Il est très fragile et se raie fortement par une pointe d'acier. Suivant Klaproth, il renferme p. 100 : acide mellitique 46, alumine 16, eau 38.

MERCURE (*angl.* mercury, *all.* quecksilber). Le mercure est presque aussi blanc que l'argent et très éclatant; il est liquide à la température ordinaire, mais il se solidifie à un froid de 39° 1/2 au-dessous de zéro. L'intensité du froid qu'éprouva l'expédition du capitaine Parry dans les mers du Nord, en 1819, permit aux officiers qui l'accompagnaient de faire des expériences sur de grandes masses de mercure solide. Ils trouvèrent que, par sa malléabilité, sa ductilité et sa ténacité, il tient le milieu entre le plomb et l'étain, et qu'il devient de plus en plus cassant à mesure qu'il approche du terme de sa fusion. Le métal solide produit sur les organes la même impression qu'un corps très chaud : il cause de vives douleurs et il désorganise la peau. Le mercure liquide n'a ni odeur ni saveur; il agit fortement sur l'économie animale, et soit qu'on le touche fréquemment, soit qu'on respire les vapeurs, il cause à la longue un tremblement universel et continuel. Il est bon conducteur du calorique et très dilatable. Il ne mouille presque aucun corps. Il a la faculté, à la manière des corps poreux, d'absorber et de retenir entre ses molécules une certaine quantité d'air et d'eau, dont on ne peut le purger que par une ébullition soutenue pendant un certain temps. La densité du mercure solide = 14,391 ; celle du mercure liquide, à 0°, = 13,598. Il bout à 360°; la densité de sa vapeur est de 6,976.

Chauffé au contact de l'air, à 350° au moins, il se change en oxyde rouge. Il ne décompose l'eau à aucune température, même en présence des acides. Les acides sulfureux, phosphorique, hydrochlorique, les acides organiques, et l'acide sulfurique faible sont sans action sur lui; l'acide sulfurique concentré le dissout avec dégagement d'acide sulfureux. L'acide nitrique étendu ou concentré le dissout également; il se combine aisément avec le soufre et le chlore.

Le mercure s'allie facilement avec un grand nombre de métaux, tels que le cuivre, l'étain, le zinc, le bismuth, le plomb, l'argent et l'or; les alliages portent le

nom d'*amalgames*. Il ne s'amalgame pas ou du moins il ne s'amalgame que très difficilement avec le manganèse, le fer, le cobalt, le nickel, le platine, etc.

A l'état métallique, le mercure sert à la préparation de divers onguents pharmaceutiques, à la construction des thermomètres, baromètres, manomètres, etc., à l'étamage des glaces, au traitement par amalgamation des minerais d'or et d'argent, etc. Son sulfure fournit aux arts la belle couleur connue sous le nom de *cinabre* ou *vermillon;* ses chlorures, le *calomel* et le *sublimé corrosif* sont fréquemment employés dans les arts et la médecine, et son fulminate est la base des amorces des armes à percussion, etc.

Oxyde de mercure. Les oxydes de mercure sont complétement réduits par la chaleur rouge, ainsi que par l'hydrogène, le charbon, le soufre, le chlore et un grand nombre de métaux. Ils sont au nombre de deux :

1° *Protoxyde.* Le protoxyde de mercure que l'on prépare en faisant digérer du protochlorure ou tout autre sel de protoxyde avec un grand excès de potasse caustique; il est pulvérulent, noir, sans éclat, et possède une saveur cuivreuse désagréable. Il se décompose spontanément en mercure métallique et en deutoxyde, même dans l'obscurité. Il est composé de :

Mercure, 0,9620 }
Oxygène, 0,0380 } $Hg^2 O$.

La matière noire qu'on obtient en triturant pendant longtemps du mercure avec une substance inerte, un corps gras par exemple, paraît n'être que du mercure métallique très divisé.

2° *Deutoxyde* ou *oxyde rouge.* Le deutoxyde de mercure est d'une couleur qui varie du rouge-orangé au rouge foncé, suivant son état de division. Il a une saveur âcre et très désagréable. Il est faiblement soluble dans l'eau, et la dissolution a une réaction basique. La lumière le décompose peu à peu et le ramène à l'état métallique. Au-dessus du rouge sombre, il se réduit à l'état métallique, sans passer par l'état de protoxyde. C'est une base assez forte, insoluble dans les alcalis fixes. Il se combine avec l'ammoniaque en donnant naissance à un composé blanc insoluble dans l'eau. On le prépare, soit en exposant au contact de l'air le mercure à une chaleur prolongée dans un vase à long col, et il porte alors le nom de *précipité per se*, soit en calcinant le nitrate, on le nomme alors *précipité rouge*. Il se compose de :

Mercure, 0,9268 }
Oxygène, 0,0732 } Hg O.

Son hydrate est jaune; mais il devient rouge en perdant son eau de combinaison à une température très basse. On l'obtient en précipitant un sel de deutoxyde par de la potasse en excès.

Sels de mercure. Les sels de mercure sont très nombreux; il y en a de basiques, de neutres et d'acides, à base de protoxyde et à base de deutoxyde. En outre, les sels simples donnent naissance à plusieurs sels doubles avec l'ammoniaque. En général, ils se volatilisent ou se décomposent à une température peu élevée. Ils sont complétement réduits par les métaux très oxydables, qui forment pour la plupart un amalgame avec le mercure qui se précipite, ainsi que par certains sels, tels que le protochlorure d'étain. L'hydrogène sulfuré en excès en précipite le mercure à l'état de sulfure noir; mais en quantité insuffisante, il donne un précipité de sulfo-sel ordinairement blanc.

Les *sels de protoxyde* solubles sont incolores; la plupart des sels insolubles sont blancs ou jaunâtres. Les alcalis les précipitent en noir. Les sous-carbonates les précipitent en jaune, et les bi-carbonates en blanc; ces précipités noircissent par la chaleur. L'acide hydrochlorique et les chlorures les précipitent en blanc; enfin l'iodure de potassium y produit des précipités jaunes-verdâtres qu'un excès du précipitant noircit, et qu'un plus grand excès dissout.

Les *sels de deutoxyde* solubles sont incolores; les sels insolubles sont blancs ou jaunes. Par les alcalis caustiques en excès, ils donnent des précipités jaune-brique; par l'ammoniaque, des précipités blancs. Les carbonates alcalins les précipitent en rouge brun. Ils ne précipitent pas par l'acide hydrochlorique et les chlorures, et donnent avec l'iodure de potassium des précipités d'un beau rouge, solubles dans un excès de réactif.

Sulfures. Voyez CINABRE.

Sulfates. Le sulfate de protoxyde s'obtient en traitant du mercure en excès par de l'acide sulfurique concentré. Lorsque l'acide est en excès, on obtient du sulfate de deutoxyde. Le sulfate neutre de deutoxyde est décomposé par l'eau en un sel acide qui se dissout et un sous-sel jaune insoluble, connu sous le nom de *turbith minéral*, et employé en peinture.

Nitrate de deutoxyde. Ce sel, préparé en faisant bouillir de l'acide nitrique en excès sur du mercure, se prend en masse cristalline par le refroidissement. Traité par l'eau froide, il donne un précipité de sous sel blanc, et par l'eau bouillante un précipité jaune, dit *turbith nitreux*, qui paraît être de l'hydrate de deutoxyde.

Protochlorure, mercure doux, calomel. Le protochlorure de mercure est blanc, mais il prend peu à peu une teinte grisâtre à l'air, en se changeant en un mélange de mercure métallique et de deuto-chlorure. Sa densité = 7,156. Il est volatil, mais beaucoup moins que le deutochlorure, et cristallise en se condensant en prismes tétraèdres. Il est extrêmement peu soluble dans l'eau. Il se compose de : 0,8512 de mercure, et de 0,1488 de chlore. On en fait un grand usage en médecine. On le prépare : 1° en triturant 4 p. de deutochlorure avec 3 p. de mercure métallique, et chauffant ensuite le mélange jusqu'à sublimation; 2° en chauffant un mélange de proto-sulfate de mercure et de sel marin à une température suffisante pour sublimer le protochlorure qui se produit; on le purifie en le lavant avec de l'eau pour en séparer la petite quantité de deutochlorure dont il est souvent mélangé.

Deuto-chlorure, sublimé corrosif. Le deuto-chlorure de mercure est d'un blanc satiné, translucide ou même transparent. Il cristallise en prismes carrés ou en aiguilles. Il est très soluble dans l'eau, a une réaction acide, et possède une saveur styptique et métallique très forte et très désagréable : c'est un poison très énergique. Il se compose de : mercure 0,7383, et chlore 0,2617. On l'emploie beaucoup en médecine et dans la teinture; on s'en sert aussi fréquemment dans les laboratoires comme agent chlorurant. On le prépare : 1° en soumettant à la sublimation un mélange de deuto-sulfate de mercure et de sel marin, en un mélange de 2 p. de proto-sulfate de mercure, 2 p. de sel marin et 1 p. de peroxyde de manganèse; 2° en chauffant jusqu'à sublimation un mélange de 2 p. de nitrate de mercure, 1 p. de sel marin et 1 p. de sulfate de fer calciné; 3° en dissolvant du mercure dans de l'eau régale, et faisant cristalliser.

Deuto-iodure de mercure. Ce sel est rouge, fusible et volatil, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool; l'acide hydriodique et les iodures alcalins. On le prépare par voie de double décomposition, en précipitant un sel de deutoxyde de mercure par de l'iodure de potassium. Il est employé depuis quelques années dans l'impression en couleurs et la teinture, surtout en Angleterre.

Fulminate de mercure. Voyez FULMINATES.

Minerais.

On trouve le mercure dans les terrains anciens, mais seulement en petite quantité. Il n'est abon-

dant que dans le grès, les schistes et les calcaires, qui sont superposés au terrain houiller, principalement, à ce qu'il paraît, dans les calcaires jurassiques. Les mines de mercure les plus considérables sont situées à Almaden en Espagne, à Idria en Carniole, à Huancavelica au Pérou, et au Japon.

Les minerais de mercure se réduisent à deux :

1° *Mercure métallique* ou *natif*. Le mercure natif se trouve en gouttelettes de toutes grosseurs disséminées dans la roche, dans des pyrites ou dans des masses de cinabre. Il est toujours à peu près pur. Aux environs d'Idria, on le trouve disséminé dans un schiste argileux noirâtre, intercalé dans un calcaire compacte.

2° *Deuto sulfure, cinabre*. Le cinabre est le minerai de mercure le plus abondant. Le plus souvent, il est disséminé dans des schistes argilo-bitumineux ou dans des calcaires compactes, et il est fréquemment accompagné de pyrites de fer et de cuivre. Il est tantôt d'un rouge foncé presque noir et un peu métalloïde, tantôt d'un rouge de cochenille. Il a un éclat adamantin. Il est tantôt transparent, tantôt translucide et même opaque. Il cristallise sous diverses formes qui dérivent d'un rhomboèdre dont l'angle est de 71°45'. Il est tendre et cassant; sa cassure est lamelleuse dans un sens et grenue dans les autres sens, sa poussière est d'un rouge vif; sa densité = 8,1. Au chalumeau, il se sublime dans un tube fermé; le sublimé est noirâtre, mais sa poussière est rouge. Dans un tube ouvert, il donne à la fois un sublimé de mercure et un sublimé de cinabre.

Essai des minerais et matières qui renferment du mercure. Cet essai se fait pour toutes de la même manière, à cela près que lorsque le mercure qu'elles renferment est à l'état métallique on les traite sans addition, et que, dans le cas contraire, on y ajoute 50 p. 100 de limaille de fer, ou 60 p. 100 de flux noir, ou enfin 30 à 40 p. 100 de chaux vive et autant de charbon en poudre, et on recouvre le mélange d'une légère couche de réactif pur, afin que tout soit réduit. On distille alors la matière seule ou convenablement mélangée dans une cornue en verre ordinairement recouverte d'un enduit d'argile et de paille hachée ou de crottin de cheval, et l'on recueille le mercure qui se vaporise, dans le col de la cornue ou dans un récipient qui contient de l'eau. On chauffe graduellement jusqu'à ramollir le verre, en ayant soin de maintenir le dôme de la cornue assez chaud pour qu'il ne puisse pas s'y condenser de mercure, et pour que ce métal passe en totalité dans le col. Quand l'opération est terminée, on coupe le col, puis on en détache le mercure avec une barbe de plume, on le fait tomber dans l'eau, on chauffe celle-ci pendant quelques instants, si cela est nécessaire, pour que le mercure se rassemble en un seul globule; on décante l'eau, on sèche le mercure à la température ordinaire et on le pèse.

Traitement métallurgique.

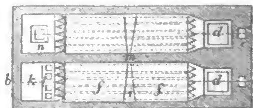
Le traitement des minerais de mercure est très simple, et consiste simplement en une distillation faite sans addition, lorsque le minerai ne renferme que du mercure natif, et, dans le cas contraire, avec addition d'un corps désulfurant, qui est ordinairement de la chaux vive ou du carbonate de chaux. Comme ce dernier forme souvent en partie la gangue du minerai, il est alors inutile d'en ajouter. La seule différence consiste dans la forme des appareils distillatoires, qui varient suivant les localités. Nous n'avons donc qu'à décrire les procédés suivis dans les trois principales localités où on traite, en Europe, les minerais de mercure.

ALMADEN. Les mines d'Almaden et d'Almadenejos, en Espagne, sont connues dès la plus haute antiquité. Pline rapporte que les Grecs en retiraient du cinabre 700 ans avant J.-C., et que de son temps les Romains en extrayaient annuellement 350000 kilogr. de mercure. Depuis 1827, ces mines occupent 700 mineurs, et les usines qui en dépendent 200 ouvriers: la production annuelle est d'environ 1100000 kilogr. de mercure; et quoique ces mines soient exploitées depuis plus de 2000 ans, elles n'ont pas encore atteint une profondeur de 330m. Les minerais ne sont soumis à aucune préparation mécanique et rendent moyennement en grand 10 p. 100 de mercure.

Les fourneaux employés à Almaden sont représentés en coupe fig. 1749, et en plan fig. 1750. Ils sont ordinairement accolés 2 à 2, comme l'indique la fig. 1750. *a*, est la porte de chargement; *b*, le foyer; *c*, le cendrier; *d*, la grille en briques sur laquelle on charge le minerai; *e*, une cheminée par laquelle s'échappe une partie de la fumée. A la suite de chaque fourneau se trouvent six rangées d'aludels placés sur deux plans in-

1749.





1750.

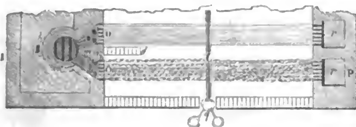
clinés en sens contraire *f*, *f*. Les aludels sont des vases en terre cuite, ouverts par les deux bouts et piriformes, placés de manière à s'emboîter les uns dans les autres, en formant une rangée continue dont on lute les jointures avec de l'argile. On lute également avec de l'argile la tête des six rangées d'aludels sur la chambre *d*, de sorte que les vapeurs mercurielles sont obligées de traverser les aludels pour se rendre dans les chambres de condensation *k*. Le mercure qui se condense dans les aludels se rend à la partie la plus basse *g*, des conduites qu'ils forment, et tombe, par des ouvertures pratiquées à cet effet à la partie inférieure des aludels qui s'y trouvent, dans les rigoles *i*, *i*, et de là dans les tuyaux *h*, *h*, qui le conduisent dans les bassins de réception. Les vapeurs qui ont échappé à la condensation dans les aludels, arrivent dans les chambres de condensation *k*, sont forcées par la cloison *l* à descendre jusqu'au fond de ces chambres en rasant la surface d'une bâche remplie d'eau *i*, remontent dans la chambre *k*, passent dans la cheminée *n*, dans une autre chambre *k'*, et enfin s'échappent dans l'atmosphère.

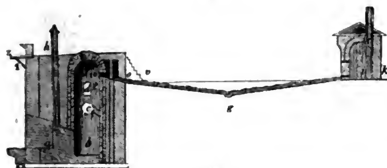
Les fig. 1751 et 1752 donnent le plan et la coupe du fourneau précédent, légèrement modifié; *a*, porte de chargement; *b*, foyer; *c*, grille sur laquelle on charge le minerai par l'ouverture *f*; *d*, ouverture par laquelle on retire le minerai calciné de la chambre *e*; *h*, cheminée. *d* et *f*, sont fermés pendant l'opération. Les va-

peurs mercurielles passent d'abord dans deux chambres de condensation *m*, puis en *o*, *o*, dans deux systèmes d'aludels, et enfin dans les deux chambres de condensation *p*, d'où elles s'échappent dans l'atmosphère par les cheminées *f*. Le mercure condensé dans les aludels se rend par une rigole *g* dans les bassins de réception *q*; *r*, est un escalier qui conduit des terrasses où sont les aludels sur la plate-forme des fourneaux, qui est légèrement inclinée vers la gouttière *z*. Chaque rangée d'aludels en renferme 25, ce qui en fait en tout 300.

On charge d'abord sur la grille supérieure le gros minerai concassé en morceaux de la grosseur du poing, puis au-dessus du minerai plus menu, et enfin le menu moulé en briquettes avec de l'argile et les débris de vieux aludels pénétrés de mercure, en tout de 9000 à

1751.



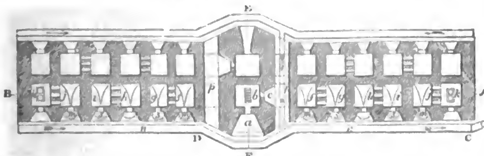


1752.

10000 kilos. On chauffe avec du bois de cistes, arbustes qui croissent dans le pays, d'abord modérément, puis en augmentant peu à peu l'intensité du feu jusqu'à ce que l'on ait chassé tout le mercure, ce qui a lieu au bout de 10 à 15 heures; on laisse alors refroidir le fourneau pendant 3 ou 4 jours, on en retire le minerai distillé, on délute les aludels pour en retirer le mercure qui s'y est condensé, on les remet en place, on recharge le fourneau et on recommence une nouvelle opération.

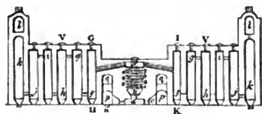
On expédie le mercure obtenu dans des bouteilles en fer forgé qui en contiennent 40 kilogr.

IDRIA. Le gîte de minerai est en amas-couches. On casse et on trie à la main le minerai riche, le reste est bocardé et concentré par le lavage.



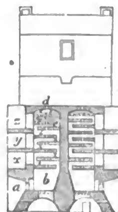
1753.

On employait autrefois à Idria, pour traiter les minerais de mercure, des fourneaux à aludels analogues à ceux d'Almaden. Depuis 1794, on emploie les fourneaux représentés par les fig. 1753 à 1756.



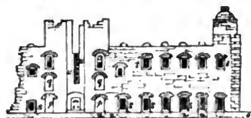
1754.

Ces fourneaux sont accolés 2 à 2, comme l'indiquent le plan fig. 1753 et les deux coupes fig. 1754 et 1755, suivant les lignes AB, EF, du plan; la fig. 1756 en est une élévation. *a*, est la porte par laquelle on charge le combustible,



1755.

qui est du bois, sur la grille *b*; 1, 2,.. 7, sept voûtes plates sur lesquelles on charge le minerai par les portes *x*, *y*, *z*; les vapeurs mercurielles se rendent dans les chambres de condensation *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, qui sont au nombre de 12, disposées 6 de chaque côté du fourneau, puis dans les chambres *l*, *l*, et enfin ce qui n'est pas



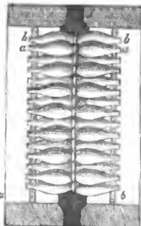
1756.

condensé s'échappe dans l'atmosphère. Le mercure condensé dans les chambres coule dans les réservoirs en pierre *s*, *m*, d'où il se rend par la rigole *n n* dans le réservoir C. *p* et *q*, sont des galeries voûtées qui séparent les fourneaux des chambres de condensation.

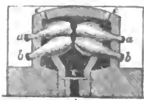
On place le minerai en morceaux sur les voûtes ou étages inférieurs, et les schlichs pulvérulents dans de petites écuelles en terre cuite de 0m,30 de diamètre sur 0m,08 de profondeur que l'on range sur les étages supérieurs. La charge terminée et les ouvertures *x*, *y*, *z*, bouchées, on allume le feu sur la grille en l'aug-

mentant peu à peu, jusqu'à ce que tout le mercure soit expulsé, ce qui a lieu au bout de 10 à 12 heures. On laisse ensuite le fourneau se refroidir complétement, ce qui fait qu'on ne peut guère faire qu'une opération par semaine. Un double fourneau, tel que celui que nous venons de décrire, traite dans une seule opération de 50000 à 60000^k de minerai par opération, et produit de 4000 à 4500^k de mercure. Les parois des chambres de condensation se recouvrent de suie mercurielle que l'on enlève à chaque fois pour la retraiter avec les schlichs dans l'opération suivante.

DUCHÉ DES DEUX-PONTS. Les minerais sont disséminés dans le terrain carbonifère des environs de Sarrebrück et sont généralement très pauvres. Les appareils dans lesquels on les traite ont la plus grande analogie avec ceux qui servent à en faire l'essai en petit, comme l'indiquent le plan fig. 1757 et la coupe fig. 1758. Ce sont des cornues en fonte *a*, *b*, disposées sur deux étages, placées au nombre de 30 à 60 sur un même fourneau et inclinées



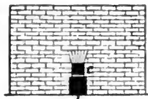
1757.



1758.

de 8° environ; *c*, est la grille sur laquelle on charge de la houille par les deux extrémités, et *e*, les ouvertures qui donnent échappement à la fumée. La figure 1759 représente l'extrémité du fourneau.

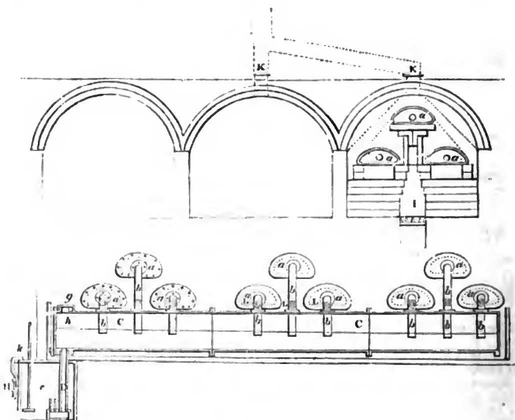
Chaque cornue a environ 0^m,80 de longueur ; on y charge 20 litres du minerai ordinairement mélangé de 1/5 de calcaire. Pour réduire le sulfure, on chauffe très modérément pendant une ou deux heures, puis on lute au col de chaque cornue une allonge en terre cuite, qui n'est pas indiquée sur les figures, et qui est en partie remplie d'eau, et l'on pousse graduellement le feu jusqu'au rouge vif pendant 6 heures; on laisse alors refroidir, on ôte les allonges, et on agite l'eau pour réunir le mercure, que l'on purifie en l'agitant avec de la chaux vive. On fait environ 13 opérations par semaine, et l'on consomme 48 parties de houille par 100 parties de minerai traité, ou 27 parties de houille par une partie de mercure, ce qui tient à la faible teneur du minerai qui n'est que de 2 à 3 p. 100. Cette méthode donne lieu à une perte en mercure bien moins considérable que les précédentes, mais on ne peut opérer que sur de faibles quantités de minerai à la fois.



1759.

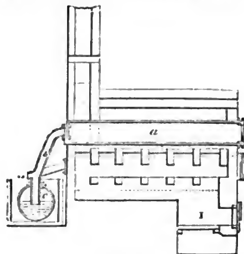
Au lieu d'employer de petites cornues, comme celles que nous venons d'indiquer, une compagnie anglaise a établi à Obermoschel l'appareil représenté dans les fig. 1760, 1761 et 1762, qui en donnent deux coupes et une élévation. Cet appareil se compose de trois fourneaux accolés et voûtés (fig. 1762) renfermant chacun trois cornues en fonte *a*, *a*, *a*, de 2^m,20 de long (figure 1761), analogues à celles employées pour la fabrication du gaz d'éclairage. On charge la houille sur la grille I ; la flamme monte d'abord et enveloppe la cornue supérieure, puis redescend baigner les deux cornues inférieures, et se rend, par des canaux situés au-dessous, dans les rampants K, qui la conduisent à la cheminée. L'ouverture de chargement des cornues se ferme comme dans les cornues à gaz ; à l'autre fond est adapté un

1762.



1760.

tuyau en fonte *b*, de 0^m,10 de diamètre qui plonge dans le cylindre condenseur C, jusqu'aux 2/3 de sa profondeur; ce cylindre, de 0^m,50 de diamètre sur 6^m,50 environ de long, est rempli d'eau jusqu'en *h i* (fig. 1760), de manière à ce que l'extrémité des tuyaux *b* y plonge de 2 à 3 centimètres. On dégage ces tubes lorsqu'on craint une obstruction en y introduisant une tige en fer, par les ouvertures L, ordinairement bouchées par une vis. En *g*, est une soupape hydraulique par laquelle s'échap-



1761.

pent les gaz qui peuvent accidentellement se former pendant la distillation, sans qu'il puisse se perdre en même temps des vapeurs mercurielles. Le condenseur C est légèrement incliné de *i* vers *h*, de sorte que le mercure qui se condense tombe par le tuyau en forme de syphon renversé D, dans la caisse *e*. Le niveau du mercure dans cette caisse est indiqué par le flotteur *k*.

Le prix total de cet appareil n'est que de 5000 à 6000 francs.

La distillation s'opère comme celle de la houille, très rapidement et sans laisser refroidir les cornues. On charge à la fois dans chacune d'elles 250^k de minerai, et on passe 8 charges par 24 heures.

Statistique.

La production du mercure est comme suit :

Almaden.	1,100,000^k
Idria.	175,000
Bavière, duché des Deux-Ponts. .	30,000
Hongrie, Transylvanie et Bohême.	40,000
Huanca-Velica, au Pérou . . .	5,000
Chine, Japon.	inconnue
Total. . . .	1,350,000

Le prix de ce métal, qui pendant le dix-huitième siècle et jusqu'en 1825 était de 4 à 5 francs, s'est élevé depuis cette époque, par suite de la cession provisoire des mines d'Almaden à la maison Rothschild, par le gouvernement espagnol, au prix de 10 à 12 francs le kilogramme. P. DEBETTE.

MESURE DES FORCES. Voyez DYNAMOMÈTRE.

MESURES. Voyez POIDS.

MÉTALLURGIE (*angl.* metallurgy, *all.* hüttenkunde). On donne le nom de métallurgie à l'ensemble des procédés que l'on suit pour extraire les métaux de leurs minerais. Ces procédés sont, les uns mécaniques, les autres chimiques. Les premiers qui comprennent le cassage, le triage, le lavage, etc..., constituent la préparation mécanique des minerais; les opérations chimiques sont le grillage et la fusion, par lesquelles on réduit ou on désulfure les métaux, pour les ramener à l'état métallique, en en séparant en même temps les matières étrangères ou gangues que l'on n'avait pu enlever par la préparation mécanique.

Quoiqu'il y ait une grande analogie entre les procédés métallurgiques et ceux employés, en DOCIMASIE (voyez ce mot), pour l'essai des minerais, il y a cependant, en général, cette grande différence, que, dans le premier cas, les conditions économiques devant passer par-dessus tout, on est nécessairement conduit à adopter des appareils différents et des fondants ou réactifs que l'on puisse se procurer à bas prix dans chaque lieu d'exploitation; si l'on joint à cela le prix relatif de la main-d'œuvre et des divers combustibles, ainsi que l'abondance ou le manque de force motrice naturelle, on s'expliquera aisément pourquoi les procédés métallurgiques sont si variés, suivant les localités, même lorsqu'il s'agit de traiter des minerais de même nature; et l'on concevra aisément que, lorsqu'il s'agit d'établir une exploitation métallurgique, la première chose à faire, et peut-être la plus importante, est une étude approfondie des circonstances locales.

Préparation mécanique des minerais.

La préparation mécanique des minerais a pour but, comme son nom l'indique, de séparer par des procédés mécaniques la plus grande partie possible des gangues ou matières stériles qui se trouvent mélangées avec les minerais.

On fait généralement un premier triage à la main dans la mine même, et les matières stériles que l'on sépare ainsi, sont employées sur place pour les remblais.

Le minerai extrait au jour est concassé avec des marteaux à main, et soumis au triage. On obtient ainsi généralement du minerai riche bon à livrer à l'usine, du minerai à trier, et du minerai de bocard.

Le minerai à trier est un mélange de minerai et de gangue, dans lequel le minerai est en fragments d'un certain volume, mélangés avec du menu de la mine et des boues. On le lave sur une série de grilles, dont les ouvertures sont de plus en plus petites, disposées en cascade les unes au-dessus des autres, de manière à ce que ce qui traverse l'une des grilles tombe sur la suivante et ainsi de suite. On classe ainsi ce minerai en diverses grosseurs. Ce qui reste sur les premières grilles est trié à la main et donne du minerai bon à fondre, du minerai de bocard, et des matières stériles à rejeter; ce qui reste sur les autres grilles donne du minerai de criblage; et enfin les boues qui traversent les dernières grilles se déposent dans des canaux qui aboutissent à des bassins de dépôt. La fig. 1763 représente une laverie de ce genre dite *laverie à gradins*, employée à Idria pour le lavage des minerais de mercure. Le minerai jeté dans la caisse inclinée *a*, dans laquelle arrive un filet d'eau tombe successivement sur sept grilles *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, et *h*; ce

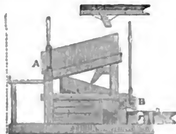


1763.

qui reste sur les deux premières grilles *b*, *c*, est soumis au triage à la main, sur la table *e*; ce qui reste sur les cinq autres grilles *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, est criblé dans les tonnes 8, 9, 10, 11, 12; enfin les boues ou *schlamms*

qui traversent la dernière grille *h*, se rendent avec l'eau d'abord dans l'un des canaux *y*, où les parties les plus grosses se déposent, puis enfin dans le bassin de dépôt *z*.

On emploie plus souvent des *tamis à secousses* disposés en gradins et fortement inclinés. La fig. 1764 représente deux tamis superposés de cette espèce. On leur imprime des secousses continuelles en les suspendant par l'une de leurs extrémités à des chaînes attachées à des leviers à contre-poids, sur lesquelles agissent des cames. Le minerai tombe avec de l'eau sur le tamis supérieur ; le menu le traverse et tombe sur le tamis inférieur ; enfin les boues se déposent dans un labyrinthe ou série de canaux dans lesquels elles se déposent par ordre de grosseur. Ce qui est resté sur les tamis tombe par l'effet des secousses sur des tables et est soumis soit au triage à la main, soit au criblage.



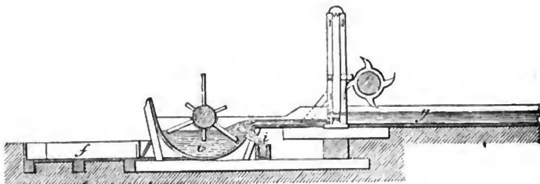
1764.

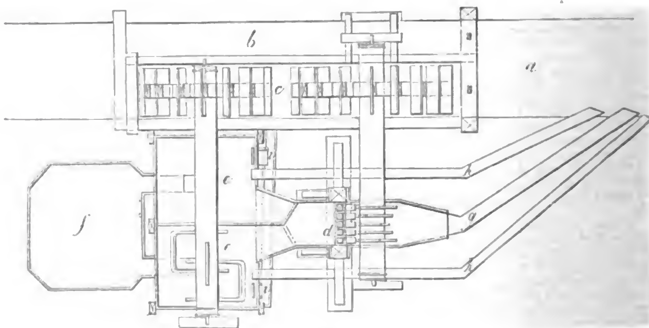
On emploie aussi quelquefois en Allemagne une série de grilles fixes inclinées placées les unes à la suite des autres, sur le même plan, et dont la grandeur des ouvertures va en augmentant à mesure que l'on s'élève de la partie supérieure du plan incliné où l'on jette le minerai sous un filet d'eau. On obtient ainsi les mêmes résultats que dans les laveries à gradins, mais dans un ordre inverse.

Généralement, les minerais de fer ne sont soumis qu'à un simple débourbage. Lorsqu'on a une certaine quantité d'eau à sa disposition, et qu'il y a une grande quantité de minerai à débourber, on emploie des machines qui portent le nom de *patouillets*, et auxquelles sont annexés des bocards, lorsque le minerai est du minerai en roche.

Il y a des patouillets à une et à deux cuves, suivant la force motrice dont on dispose. Une cuve de patouillet présente trois orifices : 1° l'orifice supérieur par où arrive l'eau alimentaire ; 2° l'orifice latéral, placé un peu plus bas que le précédent, et par lequel s'écoule constamment l'eau sale ; 3° l'orifice inférieur, par lequel le minerai lavé se rend dans un bassin où l'on achève de le purifier. On charge peu à peu la cuve à la pelle, lorsqu'il s'agit de débourber du minerai en grains, puis on y fait tourner un axe muni de bras en fer dont le mouvement joint à celui de l'eau qui se renouvelle sans cesse, sépare et entraîne les matières argileuses ; on ouvre ainsi l'orifice inférieur, et l'eau entraîne le minerai débourbé dans le bassin où l'on achève de le laver à la pelle. Lorsque le minerai est en roche ou plutôt en rognons caverneux retenant de l'argile, on

1765.





1766.

emploie un patouillet à deux cuves auxquelles est annexé un bocard à grille, tandis que l'une des cuves reçoit les produits de bocardage, on lave dans l'autre les produits qui y ont été reçus, et on les fait écouler dans le bassin où ils sont soumis à la dernière préparation. Au lieu de charger directement, comme précédemment, le minerai dans les cuves, on le fait arriver sous les pilons du bocard, d'où il est entraîné au fur et à mesure, à travers la grille, dans les cuves du patouillet. Les fig. 1765 et 1766, donnent le plan et la coupe des patouillets à deux cuves avec bocard à mines du département de la Meuse : *a*, canal d'amenée de l'eau ; *b*, coursier de la vanne de décharge ; *c*, coursier des deux roues motrices ; *d*, bocard à grille ; *e*, cuves du patouillet, dites *huches ; f*, bassin ou *fosse* destiné à recevoir les produits du bocardage et du lavage ; *g*, *goulette* des pilons ; *h*, *rafraîchissoirs ; i*, rigole de décharge des huches.

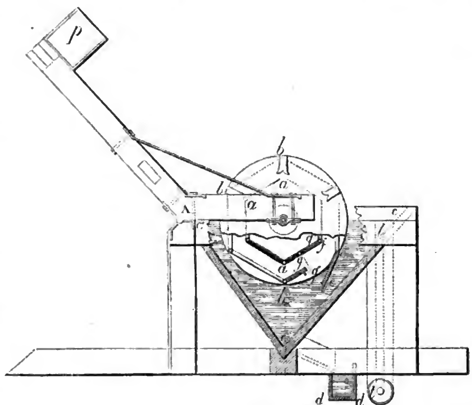
Lorsqu'il faudrait aller trop loin pour trouver une quantité d'eau suffisante pour alimenter un patouillet, on emploie souvent des *lavoirs à bras*, qui ont la forme de prismes droits à base trapézoïdale, placés horizontalement, et ayant de 3 à 7ᵐ de longueur sur 1 à 3ᵐ de largeur et 0ᵐ,3 à 0ᵐ,7 de profondeur. Il y a toujours deux ouvriers travaillant en même temps à un lavoir ; le minerai de fer brut est d'abord placé en tête du lavoir, sur l'un des côtés, en un tas qui repose en partie sur le bord du lavoir. Par un travail analogue à celui que l'on fait pour gâcher du mortier, l'un des ouvriers pousse le minerai sous le courant d'eau, en même temps qu'il écrase les pelottes d'argile, dans lesquelles le minerai se trouve engagé ; tandis que l'ouvrier placé de l'autre côté attire le minerai à lui, contre le courant, et le relève dans le coin et sur le bord du lavoir. Lorsque tout le minerai a passé d'un côté du lavoir à l'autre, les ouvriers changent de rôle et *repassent* le minerai une seconde fois jamais le minerai préparé ne s'obtient par une seule opération; suivant la pureté du minerai brut et la consistance de la gangue qui l'accompagne, on le repasse de deux à six fois. Pendant l'opération même du lavage, les laveurs font un triage à la main et rejettent les pierres et les pelotes d'argile stérile.

Lorsque les circonstances locales le permettent, on débourbe souvent les minerais de fer, sur le lieu même de l'exploitation ou à une très faible distance, sur des *lavoirs mobiles* composés simplement de trois planches, sur lesquelles on amène l'eau par de petites rigoles grossièrement établies.

Dans le Berry, où l'on exploite du minerai de fer en grains d'alluvion, formant des espèces de poches à une faible profondeur au-dessous du sol, on extrait généralement le minerai à ciel ouvert, pendant l'été, et on l'accumule sur le bord des trous, où l'action des agents atmosphériques tend à déliter l'argile ; puis, au printemps suivant, lorsque les trous sont remplis d'eau, on y lave le minerai, en le mettant dans un panier à claire-voie, dit *égrappoir*, suspendu à l'extrémité d'un levier à contre-poids, et que l'on fait osciller de haut en bas dans l'eau. Les boues qui se séparent se déposent dans l'excavation qu'a produite l'exploitation du minerai et servent à la remblayer.

Enfin on emploie aussi pour le lavage des minerais de fer un tambour ou *trommel* à axe horizontal ou incliné, à claire-voie, portant, dans le premier cas, une cloison héliçoïdale, et tournant dans une cuve pleine d'eau. On charge le minerai brut à une extrémité, et il sort débourbé à l'autre bout. Ce lavage est continu et ne dépense que très peu d'eau.

Dans la Haute-Silésie, on débourbe souvent le minerai de plomb dans un *trommel hexagonal*, représenté en coupe (fig. 1767) et formé de deux trommels concentriques à claire-voie dont celui intérieur a les plus grosses mailles. Le minerai ayant été introduit dans le trommel intérieur *a*,*a*, lorsqu'on fait tourner celui-ci dans la cuve en bois *c c' c''*, dans laquelle il arrive constamment un filet d'eau par le tuyau *t t'*, de telle sorte qu'il y en ait toujours au niveau de l'axe du trommel, ce qui s'échappe du trommel intérieur *aa*, se rend dans le trommel extérieur *b b* ; enfin ce qui traverse ce dernier tombe au fond de la cuve *c c' c''*, et les parties métalliques se déposent dans la conduite *d*, à l'état de schlamms. Quand on veut enlever du trommel les matières qui y sont restées, on le fait basculer autour de A, en pesant un peu sur le contre-poids *p* ; on ouvre la porte *e e'*, et on fait tomber ce qui était resté entre les deux trommels ; puis on retire le boulon *f*, la porte *g g'*, s'ouvre et vient en *g g''*, et ce qui était



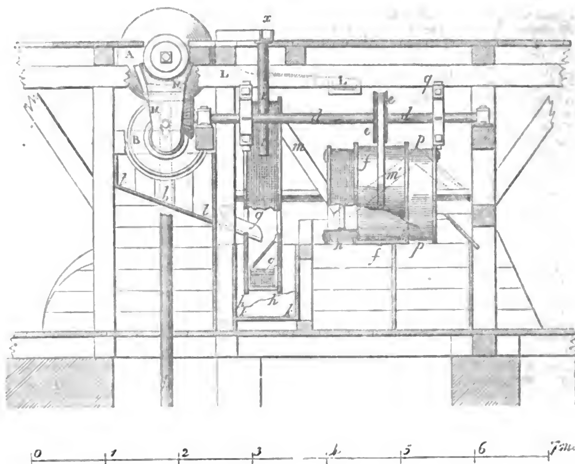
1767.

resté dans le trommel intérieur *a a*, tombe à son tour.

Pour terminer ce qui est relatif au débourbage et au classement des minerais par ordre de grosseur, opérations qui doivent précéder le lavage proprement dit, nous allons décrire en peu de mots la série d'appareils, en grande partie nouveaux, que M. de Carnall a appliqués avec le plus grand succès au lavage des minerais de plomb et de zinc dans la Haute-Silésie, et qui sont représentés dans les deux fig. 1768 et 1769.

On charge d'abord à la pelle, par l'ouverture F, le minerai à débourber dans un trommel plein A, qui est quelles l'écartement des barreaux va en augmentant. A sa partie supérieure, dans la portion pleine, il porte une cloison héliçoïdale en tôle, qui a pour objet d'arrêter le minerai dans sa chute, et de le faire mieux laver par le courant d'eau. On obtient ainsi du minerai à trier qui est sorti par l'extrémité du trommel à claire-voie, du minerai de criblage qui a passé à travers les deux premières grilles et du minerai fin que l'on achève de débourber dans l'appareil de séparation que nous allons décrire.

Cet appareil se compose d'un axe *d d*, qui reçoit le mouvement de l'axe moteur *b*, par un engrenage co-

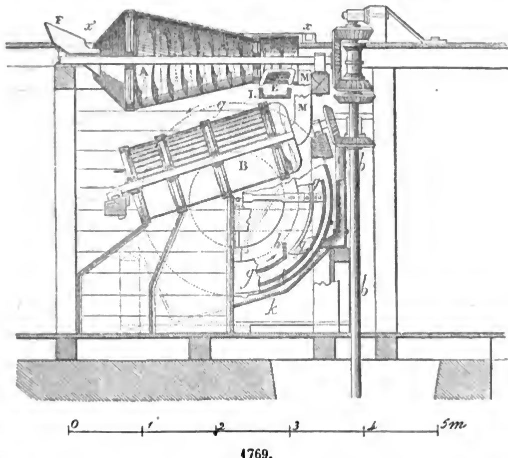


1768.

construit en tôle, avec une cloison héliçoïdale également en tôle, et qui fait environ 12 à 13 tours par minute : on peut le faire tourner dans un sens ou dans l'autre, au moyen d'un manchon d'embrayage monté sur l'axe moteur *b*. On laisse en même temps arriver, par le tuyau *x'*, de l'eau chaude de condensation d'une machine à vapeur voisine. Le chargement, qui dure 5 minutes, étant terminé, on imprime au trommel, pendant 10 ou 15 minutes, un mouvement de rotation tel qu'un point de la surface héliçoïdale soit poussé de E vers F, puis on change le sens de la rotation en faisant arriver de l'eau par le conduit *x*. Quand le minerai est très impur, on le promène ainsi à plusieurs reprises dans le trommel pour le débarrasser autant que possible des schlamms, qui, entraînés au travers d'une grille très fine en fil de fer E, se rendent, par un conduit l placé au-dessous, dans les bassins de dépôt. Quant au minerai qui sort du trommel plein, il tombe, par le canal en tôle M, dans le trommel de séparation à claire-voie B, et dans sa chute il est lavé par l'eau qui s'écoule du conduit *x*. Le trommel B, mû par l'axe *h* au moyen d'un engrenage conique, est légèrement incliné à l'horizon, et se compose de trois parties dans lesnique ; cet axe, à l'aide de la poulie *e e*, et d'une courroie sans fin, fait tourner le tambour *f* et trois roues *g g*, *n n*, *p p*, montées sur le même arbre. Ces roues font neuf tours par minute ; l'axe et le bras sont en fer et la couronne en bois ; les mailles des treillis métalliques de ces roues ont des diamètres respectifs dans les rapports 1, 2 et 4 ; à $0^m,25$ environ de la circonférence de la roue *g, g*, se trouve un fond en bois intérieur interrompu en un de ses points, où il présente un rebord incliné en *h*. Le minerai fin, arrivant du trommel B, par le plan incliné *l l*, tombe d'abord dans l'intérieur de la roue *g g*, sur le fond en bois, et s'y accumule à la partie inférieure ; lorsque la partie de la circonférence dans laquelle ce fond est interrompu passe en bas de la verticale, le minerai tombe sur la toile métallique en vertu du mouvement de la roue et de la présence du rebord *h*, y adhère dans le premier moment et est entraîné avec elle ; mais bientôt de l'eau chaude venant du condenseur de la machine à vapeur est introduite entre les deux couronnes par l'ouverture *h'*, au moment où celle-ci passe devant le conduit d'arrivée *i*, et le minerai reçoit à travers le grillage le choc de la lame d'eau qui le détache de la toile et le débar-

rasse en même temps des schlamms qu'il retient quoiqu'en petite quantité, tandis que le frottement des morceaux les uns contre les autres et contre la toile métallique sur laquelle ils remontent, achève le lavage. Cela continue ainsi pendant un tour entier de la roue jusqu'à ce que la cloison, qui sépare le fond en bois de la couronne métallique, entraîne le minerai qui, arrivé au point culminant, tombe dans la deuxième roue *n n*, par le canal en bois *m*. L'eau employée tombe sur le plan *k*, et s'écoule ensuite par une porte à vanne dans un canal terminé par un ressaut, et de là dans les bassins de dépôt. Un enfant agite constamment en *k* l'eau

le minerai à broyer au-dessus de l'appareil. En les ouvrant sur le côté, on fait tomber le minerai dans la trémie T, qui le distribue immédiatement entre les cylindres unis C, C, d'où il tombe sur le tamis D, qui reçoit un mouvement de va-et-vient dans le plan horizontal par l'intermédiaire d'un bras de levier L. Une partie du minerai le traverse et forme un tas S ; le minerai plus gros tombe entre les cylindres inférieurs C',C', analogues aux cylindres C, C, et de là sur le tamis à secousses L' D', qui le partage en deux tas S', et S''. Les trous des cribles D, D', étant de même diamètre, les produits S, S', sont de même nature et donnent du



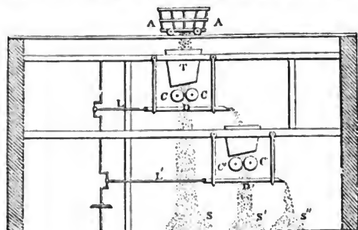
1769.

qui y tombe pour faciliter la séparation des parties métalliques et des parties argileuses, tandis qu'un ouvrier remonte sans cesse, à la pelle et dans le même but, les matières contre le cours de l'eau. On obtient ainsi des schlamms riches et des schlamms pauvres. Le minerai qui s'est rendu dans la roue *n n*, y est traité d'une manière analogue, à cela près qu'ayant déjà été débourbé il n'est pas nécessaire d'employer un nouveau courant d'eau. Ce qui n'a pu traverser les mailles passe dans la roue *p p*, par le canal *m'*, et tombe à la fois sur le sol de l'atelier par le canal *m''*. On obtient ainsi trois sortes de minerai de criblage de grosseurs différentes.

Les minerais en gros grains disséminés dans une gangue pierreuse doivent être réduits en particules plus petites, ce qui se fait au moyen de cylindres ou de bocards. Les cylindres et bocards à sec servent également à concasser et à réduire à l'état de *schlichs* les minerais bons à fondre.

La fig. 1770 représente des *cylindres broyeurs* employés en Angleterre sur la mine de cuivre et étain de Pembroke. Des chariots A A, roulant sur chemin de fer et mus au moyen d'une corde et d'une poulie de renvoi par la machine à vapeur motrice, amènent

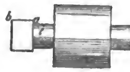
schlich bon à fondre, ou du minerai de criblage, suivant la matière qui a été écrasée. S'' est broyé de nouveau ; on le rejette dans la trémie T, avec du minerai brut. Le diamètre des cylindres supérieurs est de 0m,45 ;



1770.

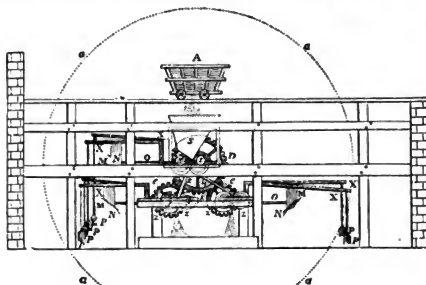
celui des cylindres inférieurs (fig. 1771) de 0m,40. On remarque, dans la figure, que le tourillon *t* est suivi d'une partie carrée *a b*, qui empêche le cylindre de se

mouvoir dans le sens de son axe. Ces divers cylindres sont en fonte blanche et durent en moyenne un mois ; ils font de 10 à 15 tours par minute selon la dureté de la substance à écraser. Cet appareil, mû par une machine à vapeur de 20 chevaux, broie, par 24 heures, 500 q. m. de minerai riche : elle écrase moins de minerai pauvre dans le même temps.



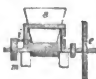
1771.

La fig. 1772 représente les cylindres à broyer généralement employés en Angleterre pour concasser le minerai de plomb. Cette machine se compose d'une paire



1772.

de cylindres cannelés *x*, *x*, et de deux paires de cylindres unis *z z*, *z z*, qui servent les unes et les autres au broyage du minerai. Les deux cylindres de chacune de ces trois paires tournent simultanément en sens inverse au moyen des roues dentées *m* (fig. 1773) que chaque cylindre porte sur son axe et qui engrènent deux à deux l'une dans l'autre. Le mouvement est donné par une seule roue hydraulique dont le cercle *a a* représente la circonférence extérieure. L'un des cylindres cannelés *x* est placé sur le prolongement de l'axe de la roue motrice qui porte en outre une roue dentée en fonte D, laquelle engrène avec les roues dentées *e*, *e*, fixées sur les axes de deux des cylindres *z z*, *z z*. En dessus des cylindres cannelés se trouve une trémie S. qui leur verse, au moyen d'un mécanisme particulier, le minerai qui est apporté par des chariots A. Ces chariots roulent sur un chemin de fer et viennent se placer au-dessus de la trémie et s'y décharger au moyen d'une trappe qui s'ouvre par dehors au milieu de leur fond. Au-dessous de la trémie, il y a une petite auge dans laquelle descend de lui-même le minerai qu'elle contient, et qui le verse sans cesse sur les cylindres par l'effet des secousses continuelles que lui imprime une tringle de bois *i* (fig. 1773) qui y est attachée et qui s'appuie sur les dents de la roue *m*. On règle la position du sabot de manière à ce qu'il ne tombe jamais sur les cylindres assez de minerai pour les engorger, et on y fait arriver un petit filet d'eau qui se répandant ensuite sur les cylindres les empêche de s'échauffer. Après avoir passé entre les cylindres cannelés, le minerai



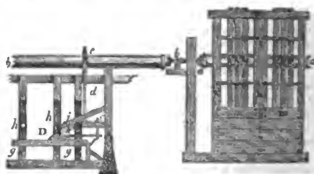
1773.

tombe sur des plans inclinés *w*, *w*, qui le versent sur l'une ou l'autre paire de cylindres unis.

Les cylindres tant cannelés qu'unis sont en fonte coulée en coquille ; leurs tourillons se meuvent dans des crapaudines de laiton fixées dans les supports en fer K, attachés par des boulons à la charpente qui sert de base à tout le système. Ces supports présentent chacun une longue mortaise à l'une des extrémités de laquelle est solidement fixée une des boîtes *f* de l'un des cylindres, et dans le reste de laquelle glisse l'une des boîtes *g*, de l'autre cylindre ; disposition qui permet aux deux cylindres d'être en contact ou de s'éloigner d'une petite quantité suivant que les circonstances l'exigent. Le cylindre mobile se rapproche du cylindre fixe au moyen de leviers en fer X, qui portent à leurs extrémités des poids P, et qui s'appuient sur des coins M, lesquels peuvent glisser sur un plan incliné N. Ces coins pressent alors la barre de fer O, et font rapprocher le cylindre mobile en poussant la crapaudine qui supporte son axe. Les choses étant ainsi disposées, s'il arrive qu'un fragment très gros et très dur vienne à se présenter à une des paires de cylindres, l'un d'eux s'écarte et le laisse passer sans que la machine éprouve aucun dommage.

Nous avons déjà donné (fig. 1765 et 1766) le plan d'un *bocard à grille* pour le concassage des minerais de fer hydroxydés argileux, consistant en une batterie de cinq pilons. La fig. 1774 donne l'élévation d'un bocard composé de deux batteries de trois pilons chacune, et annexé à une table à secousses D, servant au lavage du minerai bocardé. *a a*, est l'arbre moteur sur lequel sont fixées les cames *l*, *l*, qui soulèvent les flèches des pilons, lesquels retombent ensuite dans les auges *m*, *m*, en vertu de leur propre poids.

Les flèches des pilons ont une assez grande hauteur et sont en bois ; elles portent à leur partie inférieure un sabot en fonte du poids de 30 à 100k, et leur levée est également très variable. Les flèches sont écartées de



1774.

telle sorte que la distance entre leurs sabots soit au plus de 0m,02 à 0m,03 ; elles sont guidées dans leur mouvement vertical de va-et-vient par deux systèmes de moises rectangulaires, dont l'inférieur doit être au plus à 1m au-dessus du fond de l'auge sur lequel frappent les sabots, et le supérieur aussi élevé que possible. Chaque bocard est ordinairement divisé en deux à cinq batteries mues par un même arbre, et renfermant chacune 3 à 5 pilons qui travaillent dans la même auge. Les flèches portent des appendices saillants et horizontaux à l'aide desquels elles sont soulevées par des

cames en développantes de cercle placées sur l'arbre moteur de manière à ce que, dans chaque auge, les coups soient équidistants. Il est préférable, pour éviter les frottements, d'évider les flèches et d'y fixer une tige transversale en fer sur laquelle les cames viennent agir.

Lorsqu'on bocarde à sec du minerai bon à fondre pour le concasser ou du minerai en gros grains disséminés, les parois latérales de l'auge des pilons sont enlevées et remplacées de chaque côté par des grilles horizontales. Lorsqu'on bocarde à l'eau, des minerais à gros grains disséminés, on remplace la paroi antérieure de l'auge par une grille qui règne sur toute sa hauteur. Afin d'éviter autant que possible la formation des schlamms, il convient de nettoyer souvent les grilles et de faire arriver beaucoup d'eau dans les auges. M. Juncker a reconnu qu'il était encore préférable de supporter complétement la grille ci-dessus ainsi que la paroi qu'elle remplace, et de bocarder à grande eau; on tamise ce qui se dépose à la tête du canal du bocard, et on repasse sous les pilons le minerai non bocardé. En introduisant cette méthode à Poullaouen, M. Juncker a réduit la proportion des schlamms formés, et, par conséquent, la perte en minerai dans le rapport de 6 à 1.

Dans les divers cas que nous venons d'examiner, et lorsque le minerai à concasser ou à pulvériser n'est pas trop dur, on doit toujours préférer aux bocards les cylindres, broyeurs unis ou cannelés, qui donnent moins de schlamms et exigent moins de force motrice pour produire le même travail.

Lorsque le minerai est en grains très fins disséminés et que, par conséquent, il faut bocarder très fin, on incline légèrement l'auge des pilons et on fait arriver l'eau et le minerai à la partie supérieure, de manière à ce que le minerai passe successivement au dessous de tous les pilons de la batterie; à l'autre extrémité de la paroi antérieure de l'auge se trouve une ouverture, grillagée ou non, par-dessus le bord de laquelle l'eau s'écoule en entraînant les particules du minerai assez fines pour être tenues en suspension, et qui se déposent ensuite, dans les canaux du bocard, en schlamms de diverses grosseurs. La finesse des schlamms produits dépend de la quantité d'eau que l'on fait arriver dans l'auge et de la hauteur du seuil de l'ouverture précitée au-dessus du fond de l'auge.

Les bocards sont ordinairement alimentés par des caisses mobiles à fond incliné dans lesquelles on charge le minerai et qui reçoivent de légères secousses chaque fois que l'une des flèches de la batterie du bocard retombe, au moyen d'un mentonnet placé sur cette flèche.

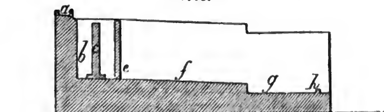
Enfin, lorsqu'il s'agit de réduire le minerai en farine pour ainsi dire impalpable, comme lorsqu'ils doivent ultérieurement être soumis à l'amalgamation, on emploie des meules verticales tournant sur un plan horizontal, ou, le plus souvent, des meules horizontales en pierre dure, comme du granit, de 1m,20 environ de diamètre, tournant avec une grande vitesse et entièrement disposées comme les meules anglaises des moulins à farine.

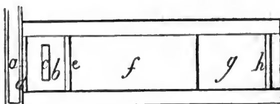
Parlons maintenant du lavage proprement dit, c'est-à-dire de la concentration des matières métalliques par le lavage.

Autrefois et maintenant encore, dans beaucoup de localités, on se servait exclusivement, pour le lavage, de caisses allemandes et de tables jumelles.

Les fig. 1775 et 1776 donnent le plan et l'élévation d'une *caisse allemande* ou *caisse à tombeau* (schlemm-graben). L'eau arrivant par le canal *a*, tombe par le trou *d*, dans la caisse *b*, où un arrêt *c* tend à régulariser le mouvement du liquide qui déborde ensuite en nappe très mince par-dessus le rebord *e*. Un enfant prenant le minerai avec une pelle l'applique contre la paroi *e*, contre laquelle il se promène de telle sorte qu'il est entraîné par l'eau et se répand uniformément sur toute la largeur de la table, tandis qu'un autre ouvrier l'y lave, en le ramenant contre le courant avec un râteau en bois sans dents; on obtient ainsi un schlich qui reste à la tête de la table et est envoyé à la fonderie, un schlich plus fin sur la table *g*, à relaver sur les tables

1775.



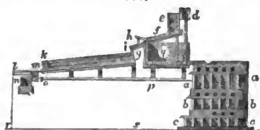


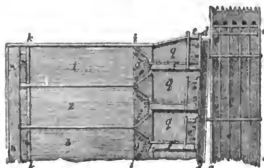
1776.

jumelles, et des boues qui s'échappent par-dessus le ressaut *h*, et sont rejetées ou lavées sur une table à secousses.

Les fig. 1777 et 1778 donnent le plan et la coupe de trois *tables jumelles* ou *tables dormantes* (liegende erde, kehrerde) accouplées : ordinairement ces caisses ne sont accouplées que par deux. *a a*, *b b*, *c c*, sont les canaux où se déposent les divers schlamms au sortir

1777.



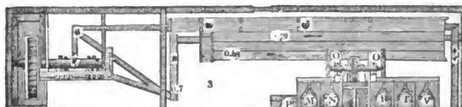


1778.

du bocard, d'où on les enlève pour les jeter dans les caisses *e;* l'eau arrivant par le canal *d*, tombe par deux trous dans chacune des caisses, et entraîne le minerai qu'elles renferment le long du canal incliné *f*, et de là, en traversant la grille *h*, sur la tête de la table *g*, sur laquelle font saillie de petits prismes triangulaires dont la base est tournée vers *ii*, qui ont pour résultat de répandre uniformément l'eau chargée de schlamms sur la table *ki*, qui a de 3 à 6^m de long, 0^m,60 à 0^m,60 de large, et est munie de rebords de 0^m,10 à 0^m,15 de haut : elle est souvent rétrécie à sa partie inférieure par des planches placées obliquement de chaque côté, de manière à réduire sa largeur à 0^m,20 ou 0^m,30 ; on donne en général à la table une inclinaison de 1/15e. Un ouvrier remonte les matières sur la table avec une planchette en bois ou un balai, et se sert ensuite d'un balai pour nettoyer la partie inférieure de la table. Les boues sont entraînées par l'eau dans les canaux *m* et *n* où elles se déposent, et sont ou rejetées ou lavées sur des tables à secousses.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire des *tables à toiles* (planen erde), qui ne sont presque plus employées et qui sont des espèces de tables jumelles recouvertes de toiles grossières, dont l'adhérence sert à retenir les particules métalliques. A la fin de chaque opération, on enlève ces toiles pour les secouer dans des baquets pleins d'eau, puis on les remet en place. Le schlich qui se dépose sur les toiles placées à la tête de la table est bon à fondre ; celui qui reste sur les dernières est relavé à part sur la table.

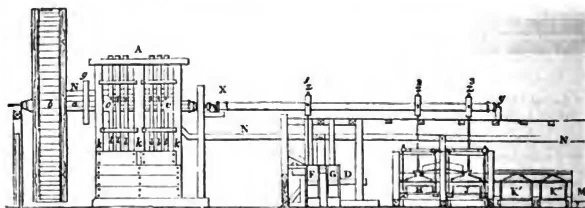
La fig. 1779 donne le plan d'un atelier de préparation mécanique à eau d'après l'ancien système : 3, em-



1779.

placement des tables de triage ; F, bocards ; S, B, *w w*, canaux dont l'ensemble porte le nom de labyrinthe et dans lesquels se déposent des schlamms de diverses grosseurs ; O, O, tamis à secousses ; P, caisse à tombeau ; M, N, R, S, T, tables jumelles.

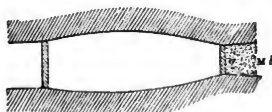
La fig. 1780 donne l'élévation d'un ancien atelier de préparation du même genre : *a*, axe de la roue hy-



1780.

draulique motrice *b;* A, bocard composé de deux batteries de trois pilons chacune ; *k k*, châssis du bocard ; *l*, *l*, flèches des pilons ; *e e*, arbre des cames, faisant suite d'une part à l'axe *a*, et de l'autre à l'axe *x y*, qui met en mouvement en F, G, D, deux tamis à secousses superposés, et en H et J, deux tables à secousses, K', K'', tables dormantes ; N, conduite d'eau pour la laverie ; M, labyrinthe.

En Angleterre, on emploie fréquemment, pour débourber les schlamms, une caisse à tombeau grossièrement construite et représentée en plan fig. 1781 et en coupe



1781.

fig. 1782. Les boues sont accumulées dans la caisse M, et l'ouvrier les ramène continuellement avec une pelle de

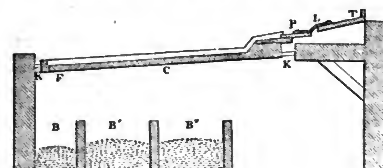


1782.

a vers *b*. Un courant d'eau, qui arrive dans M, les entraîne en nappe sur la table sur laquelle se déposent les particules métalliques, tandis que les parties terreuses sont entraînées dans un bassin à la suite. Ce qui se dépose sur les parties inférieures de la table est débourbé de nouveau, et ce qui reste à la tête de la table est lavé sur des tables jumelles.

Ces tables jumelles, représentées en coupe fig. 1783, se composent d'un cadre portant un plancher C, incliné à l'horizon, et susceptible de tourner sur deux tourillons K, K, un plan incliné T, sert de tête à la table ; une planche P, qui s'y attache par une bande de cuir L, établit la communication avec la table F C. Le minerai est rejeté en T, par petites parties de 10^k environ ; une femme l'étend avec un râble, tandis qu'un courant d'eau en entraîne une partie sur la table, où elle le lave ensuite ; les boues fines tombent par une fente F, dans un bassin B. Lorsque le schlich paraît assez riche, l'ouvrière fait

tourner la table autour de l'axe KK, en sorte qu'il tombe dans les cases placées au-dessous ; en B sont les



1783.

boues ; en B', un schlich impur à repasser sur la table ; et en B'', un schich bon à fondre.

Dans la plupart des usines actuelles on a remplacé les tables à laver fixes que nous venons de décrire, en tout ou en partie, par des *tables à secousses* (stossherde).

Les fig. 1784, 1785 et 1786, donnent le plan, l'élévation et la coupe d'une table à secousses : elle se compose d'une table *dbcu* légèrement inclinée et suspendue

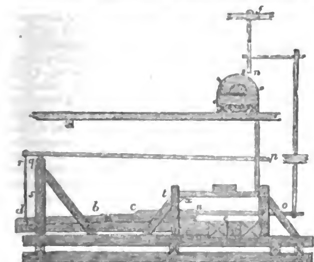
1784.



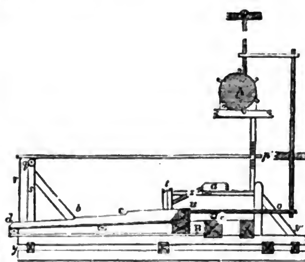
à ses extrémités, dont la supérieure est également articulée avec le levier *n*, et l'inférieure *uo* soutenue par un rouleau *r*, *a*, est la caisse remplie de minerai où arrive un filet d'eau qui l'entraîne sur la tête de la table *x*, disposée comme dans les tables jumelles. Lorsque la came abandonne le levier *u*, la table *bc* retombe par son propre poids et vient choquer le bloc B, ce qui lui communique une vibration plus ou moins forte. Lorsque la table est poussée en avant, son inclinaison augmente, et d'autant plus que les chaînes de la tête sont plus courtes et plus inclinées, et son centre de gravité se soulève ; le courant d'eau augmente de vitesse ; cette vitesse croît encore, par l'effet du recul ; lors du choc le minerai est mis en suspension dans l'eau, de sorte que, dans la plupart des cas, le lavage se fait tout seul, et l'ouvrier n'a qu'à régler convenablement l'inclinaison de la table, l'intensité des secousses, leur nombre en un temps donné, la pression de la table sur le bloc, l'avancement de la table, et la quantité d'eau et de minerai qui doit arriver sur la table dans un temps donné. On peut, en faisant varier d'une manière convenable tous ces éléments, laver sur ces tables toutes sortes de minerais. On les emploie surtout pour le lavage des boues ou schlamms.

On emploie souvent, pour imprimer des secousses à la table, l'appareil représenté fig. 1787 : *t*, est l'arbre moteur dont les cames agissent sur la pièce *uz*, qui se fixe en *z*, à l'aide de chevilles, dans une coulisse pratiquée dans l'un des bras du levier coudé *vxy*, mobile autour du point *v*, et dont le bras *xy*, agit sur la table. On varie l'intensité de la secousse, en fixant la pièce *uz*, plus ou moins haut dans la coulisse.

Le *criblage à la cuve* s'exécute dans un crible ordi-



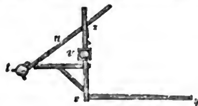
1785.



1786.

à quatre chaînes *r* et *t* ; les chaînes *r* sont plus longues que les chaînes *t* ; les premières fixées par l'autre extrémité à l'un des leviers *p*, qui s'appuient d'une part sur les traverses *q*, et dont l'autre bout est fixé par des chevilles, sur des montants verticaux, à une hauteur plus ou moins grande suivant l'inclinaison que l'on veut donner à la table ; les chaînes *t*, placées à la tête de la table, sont plus courtes que les chaînes *r* et assez fortement inclinées sur la verticale, ce qui détermine une certaine pression de la table sur l'arrêt ou bloc R. L'arbre A est muni de cames, qui venant agir sur le levier vertical *n*, impriment à la table *bc* un mouvement de progression dans le sens *cb*, par l'intermédiaire d'un levier vertical et de deux pièces horizontales articulées

nairement circulaire, suspendu soit à une perche élastique, soit à un levier à contre-poids, et que l'on fait



1787.

osciller verticalement dans une cuve pleine d'eau. A chaque secousse le minerai étant mis en suspension

dans l'eau, les parties métalliques plus lourdes tendent à s'accumuler au fond, et les parties pierreuses, plus légères, à gagner la surface Au bout d'un certain temps, on arrête le mouvement, et on enlève, par couches horizontales, ce qui est resté sur le crible ; on obtient ainsi, en allant de haut en bas : 1° de la gangue stérile à rejeter ; de la gangue avec un peu de minerai disséminé à pulvériser plus fin ; 2° du minerai à relaver sur le même crible ; 3° enfin du schlich bon à fondre. Le menu qui a passé à travers le crible et qui s'est rassemblé au fond de la cuve est lavé de la même manière sur un crible plus fin.

On peut soumettre au criblage à la cuve toutes sortes de minerais pourvu qu'ils aient été préalablement débourbés. Les cribles à secousses se manœuvrent, soit à la main, soit au moyen de machines. Depuis quelque temps, on emploie avec avantage des cribles fixes, à travers lesquels on communique à l'eau un mouvement alternatif en la refoulant dans un corps de pompe latéral, au moyen d'un piston : le crible remplit alors toute l'ouverture de la cuve.

On se sert souvent, dans le Cornouailles, pour laver le minerai d'étain, de grandes cuves cylindriques ou légèrement coniques (fig. 1788), dans lesquelles on jette le minerai avec une certaine quantité d'eau ; un ouvrier agite et mêle le tout ensemble avec une pelle en fer, pendant trois ou quatre minutes, puis il frappe pendant huit ou dix minutes sur les parois de la cuve, ce qui fait déposer les parties les plus lourdes ; on renverse la cuve pour la vider entièrement de liquide ; et l'on divise le minerai resté dans la cuve en quatre tranches. La tranche supérieure A se débourbe dans la caisse à débourber (fig. 1781) ; la tranche B est lavée sur les tables jumelles (fig. 1783) ; la tranche C est envoyée aux fourneaux de calcination ; et enfin la tranche D, qui renferme les particules plus grosses, est renvoyée au bocard pour y être pulvérisée de nouveau.

1788

On lave aussi avec l'appareil précédent le minerai d'étain après qu'il a été soumis à la calcination.

On emploie aussi fréquemment, en Angleterre, un appareil représenté dans la fig. 1789, analogue au précédent et dans lequel on met le minerai fin, déjà presque pur, en suspension dans l'eau, au moyen d'un axe vertical AB armé d'ailettes ; après quoi, par le repos, les parties métalliques se séparent des parties terreuses. On aide cette séparation en frappant sur les parois de la cuve pendant la précipitation, ce qui suspend celles des matières terreuses sans arrêter celles des parties métalliques.



1789.

En résumé, la préparation mécanique des minerais consiste d'abord dans un triage à la main aussi soigné que le prix de la main-d'œuvre le permet, puis dans un débourbage et un classement des minerais au moyen de grilles ou de trommels, en concassant les minerais avec des cylindres qui donnent moins de schlamms et plus d'effet utile que les bocards, et n'employant ces derniers que lorsque la dureté extrême des gangues le nécessite ; enfin dans un criblage à la cuve des minerais débourbés et classés en différentes grosseurs, et dans le lavage des schlamms et boues sur des tables à secousses.

Il importe de faire remarquer que les ateliers de préparation mécanique et surtout les patouillets doivent avoir pour annexes des bassins d'épuration pour clarifier les eaux que l'on rend aux cours d'eau, et que l'établissement et le curage de ces bassins sont soumis à des règlements de police.

Au sortir des ateliers de préparation mécanique, et avant de les livrer aux fonderies ou autres usines métallurgiques, on détermine d'une manière précise la *teneur* des schlichs, par les procédés que nous avons décrits tant à l'article DOCIMASIE, qu'au nom de chaque métal.

Calcination. — Grillage.

On calcine souvent les minerais de fer, surtout les minerais de fer hydratés en roche, pour en chasser l'eau, et les minerais de fer carbonatés spathiques et lithoïdes pour en expulser l'eau, l'acide carbonique et les matières bitumineuses qu'ils peuvent renfermer. En outre, si ces minerais renferment de petites quantités de pyrites, celles-ci perdent une partie de leur soufre dans cette opération, et se transforment ensuite, lorsqu'on les laisse exposées pendant un certain temps à l'action des agents atmosphériques, en sulfate de fer qui est entraîné par l'eau, ce qui améliore beaucoup leur qualité.

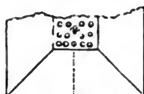
On grille les minerais de cuivre, et les mattes que l'on obtient de la fonte des minerais grillés, pour en chasser une partie du soufre, et concentrer ainsi le cuivre, qui a une plus grande affinité pour le soufre que le fer, dans une nouvelle matte, que l'on obtient par la fusion des matières grillées, tandis que les gangues pierreuses et l'oxyde de fer produit par le grillage passent dans les scories.

On grille, pour les ramener à l'état d'oxyde réductible par le charbon, le sulfure de plomb (galène), le sulfure de zinc (blende), et le sulfure d'antimoine.

Enfin, on grille les minerais d'étain pour ramener les pyrites qu'ils renferment, à l'état d'oxydes pulvérulents et légers, qu'il devient alors très facile de séparer par le lavage.

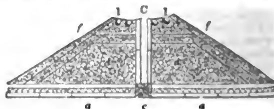
La calcination et le grillage des minerais s'exécutent de trois manières différentes : 1° en tas ; 2° en cases ; 3° dans les fourneaux.

Les fig. 1790, 1791 et 1792 donnent une idée de la manière dont on établit les tas de grillage, pour le cuivre pyriteux, dans le Hartz et à Chessy, près de Lyon.



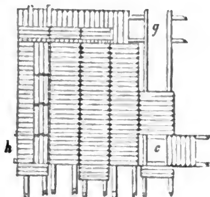
1790.

La fig. 1790 est une vue en dessus du tas terminé ; la fig. 1791, une coupe verticale ; et la fig. 1792 le plan du quart du tas en construction. *c* C, cheminée centrale en bûches, ménagés dans l'intérieur du tas, et dans laquelle on jette des charbons enflammés lors de l'allumage du feu. *g*, *h*, canaux ménagés à la base du tas pour y faire arriver l'air nécessaire à la combustion. *a*, lit de fagots ou de bûches sur lequel repose le minerai, le plus gros *d* à la base et le plus fin à la surface, où il est recouvert par une couche mince de terre et de fraisil *f f*. Dans la surface supérieure du tas sont pratiquées un certain nombre de cavités hémisphériques I, I, dans lesquelles se rassemble une partie du soufre chassé des pyrites par l'action de la chaleur ; une autre



1791.

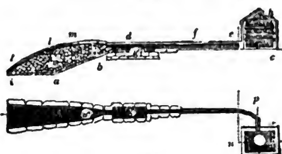
partie de ce soufre est brûlée par l'air affluant dans l'intérieur du tas et produit une portion de la chaleur nécessaire à la calcination.



1792.

On emploie quelquefois en Suède, pour recueillir une certaine quantité de soufre, lors du grillage des minerais pyriteux, une méthode un peu différente et dont les fig. 1793 et 1794 donneront une idée. Le minerai *r* est placé en tas sur un lit de rondins de bois *i a*, et sur le talus *a b*; il est recouvert d'une voûte en terre *l m*, dans laquelle est pratiquée en *m* une ouverture que l'on ouvre au commencement de l'opération pour déterminer un tirage suffisant pour l'allumage du tas. Le soufre pro-

1793.


1794.

duit par la distillation se rassemble soit dans la cavité *g*, soit dans le canal en briques *d f e*, soit enfin dans la chambre de condensation *h* divisée en cinq étages superposés.

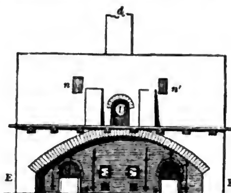
Enfin on grille quelquefois (voyez CUIVRE, p. 1048 et suiv.) les minerais pyriteux, dans un fourneau à courant d'air forcé, en les mélangeant avec une petite quantité de nitrate de potasse ou de soude, et utilisant les produits gazeux de la combustion pour fabriquer de l'acide sulfurique, en les faisant arriver avec un courant de vapeur d'eau dans des chambres de plomb ou tout autre récipient.

On grille ordinairement en cases, sur le continent, les mattes de plomb et souvent aussi celles de cuivre. Les cases sont des aires dont le sol est légèrement incliné et qui sont renfermées entre trois murs; on y stratifie le minerai avec du bois.

On grille souvent les mattes de cuivre à plusieurs feux, c'est-à-dire qu'on recommence successivement le grillage à plusieurs reprises; comme, pendant ce grillage, il se forme une quantité notable de sulfate de cuivre, on lessive quelquefois les mattes grillées pour l'en retirer, et on précipite le cuivre des eaux de lavage par de la vieille ferraille.

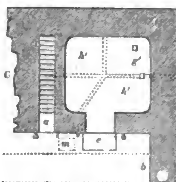
On grille ou calcine les minerais de fer soit en tas, soit entre quatre murs, soit dans des fours intermittents ou continus tout à fait analogues à ceux employés pour la cuisson de la chaux (voyez CHAUX et MORTIER), ce qui nous dispense d'entrer ici dans aucun détail à ce sujet.

Enfin, on emploie souvent des fours à réverbère, chauffés au bois ou à la houille, pour griller les minerais de cuivre, d'étain, etc. Lorsqu'il se produit par le grillage des fumées métalliques ou arsénicales, on les recueille dans des chambres de condensation placées à la suite des fourneaux à réverbère. La fig. 1795 donne

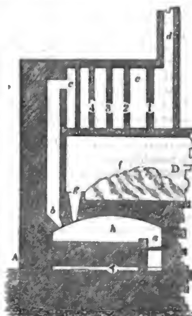


1795.

l'élévation de deux fours à réverbère accolés, dont l'un est représenté en plan et en coupe dans les fig. 1796 et 1797, et qui servent au grillage des minerais d'étain: *a*, grille; *f*, schlich amené sur la voûte du four où il se dessèche, puis introduit par l'ouverture ou trémie *g*, sur la sole du four *h*; l'acide arsénieux, produit par le grillage des pyrites arsénicales qui se trouvent ordinairement mélangées avec l'oxyde d'étain, se rend par le canal *b*, dans les chambres de condensation *c c*, où il se dépose, et les produits gazeux ou non condensés sont rejetés dans l'atmosphère par la cheminée *d*; *e*, est la porte de travail; *n* et *n'*, deux portes murées que l'on ouvre de temps à autre, lors qu'on veut retirer l'acide arsénieux qui s'est déposé dans les chambres de condensation.



1796.



1797.

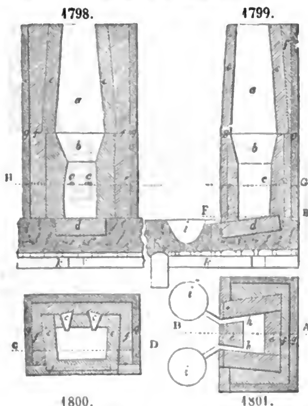
Fusion.

La fonte des minerais crus et grillés ou des mattes grillées se fait après addition de fondants convenables dans des fourneaux à tuyères ou dans des fours à réverbère.

Les minerais de fer se fondent tous (un seul cas excepté, *forges catalanes*) dans des hauts-fourneaux (fi

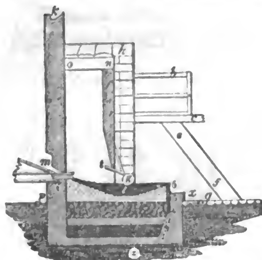
gure 844, p. 1537), dont la hauteur varie de 7 à 15m et qui sont alimentés par une à trois tuyères et plus.

Les minerais de cuivre, d'étain, et quelquefois ceux de plomb et ceux d'argent (fonte avec des matières plombeuses), se fondent dans des demi-hauts-fourneaux (fig. 1798 à 1801) de 4 à 6m de hauteur et ayant une ou deux tuyères placées sur la même paroi.



1798. 1799. 1800. 1801.

Ces derniers minerais se fondent quelquefois dans des bas-fourneaux à tuyères ou fourneaux à manche (figure 1802). Les fontes des mattes grillées, celles des scories de plomb et d'étain, et la revivification des litharges se font ordinairement dans des fourneaux à manche.



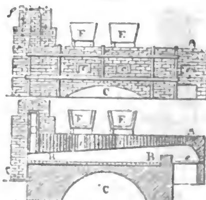
1802.

Dans les pays où le combustible végétal est rare et où l'on peut se procurer du combustible minéral à des prix modérés, la fonte des minerais et mattes grillées de cuivre, des minerais de plomb et d'étain, etc., se fait généralement dans des fours à réverbère (fig. 1803 et 1804) de forme variée suivant la température qu'il est nécessaire de développer.

On revivifie également les litharges au four à réverbère.

Dans les fourneaux à tuyères les oxydes métalliques sont réduits par le charbon ou plutôt par les gaz combustibles avec lesquels ils se trouvent en contact ; lorsqu'il y a des sulfures et que la température n'est pas très élevée, les oxydes métalliques passent dans les scories à l'état de silicates et les sulfures métalliques s'en séparent à l'état de mattes.

1803.



1804.

Dans les fours à réverbère, pour qu'il y ait réduction des oxydes, il faut charger beaucoup de combustible sur la grille et, en outre, mélanger la matière avec du poussier de houille ou couvrir la sole d'une certaine quantité de charbon, comme, par exemple, pour la fonte des minerais d'étain et la revivification des litharges.

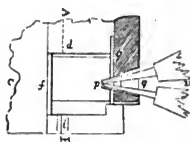
Dans la fonte des minerais de plomb au four à réverbère, on commence par griller le minerai sulfuré, et lorsqu'une partie a été transformée en oxyde et en sulfate, on donne un coup de feu ; le sulfure restant reagit sur l'oxyde et le sulfate formés, il se forme du plomb métallique et il se dégage de l'acide sulfureux.

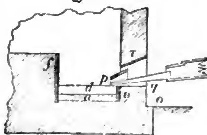
On emploie également du fer pour réduire les sulfures de plomb et d'antimoine, que l'on opère la fonte dans un fourneau à tuyère ou dans un four à réverbère.

Affinage.

L'affinage de la fonte ou sa transformation en fer malléable se fait soit dans des bas foyers à tuyères (figures 1805 et 1806), soit dans des fours à réverbère dits *fours à puddler* (figures 1807 et 1808) construits de telle sorte que l'on puisse y développer une température très élevée. Dans les deux cas, on ajoute une certaine quantité de scories et de matières très riches en oxyde de fer, qui réagissent par suite à une haute température sur la fonte et l'amènent à l'état de fer malléable en brûlant le carbone et le silicium qu'elle renferme.

1805.

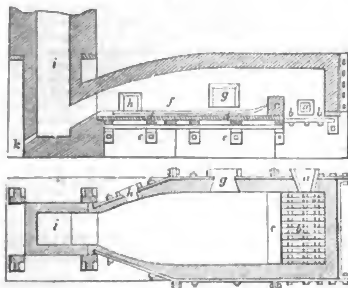




1806.

On fait souvent précéder l'affinage proprement dit d'un demi-affinage dit *mazéage*, en fondant la fonte

avec des scories riches en fer et des battitures, dans des bas-fourneaux, tantôt à une seule tuyère (foyers de mazerie nivernais), tantôt à quatre ou six tuyères (fineries anglaises) disposées de chaque côté du fourneau



1807.

1808.

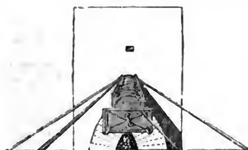
de manière à ce que chacune d'elles occupe la ligne médiane des deux tuyères opposées.

L'affinage du cuivre se fait également soit dans des bas foyers, soit dans des fours à réverbère.

L'affinage du plomb et de l'étain se fait en le soumettant à la liquation, soit sur une aire légèrement inclinée, soit sur la sole d'un four à réverbère.

Liquation.

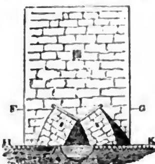
On sépare certains métaux ou minerais métalliques très fusibles de leurs gangues, en les soumettant à la



1809.

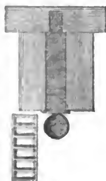
liquation. C'est ainsi qu'on obtient le bismuth et le sulfure d'antimoine. Cette liquation peut s'opérer en plaçant le minerai dans des pots, des tubes droits ou inclinés, chauffés à l'extérieur ou sur la sole d'un four à réverbère.

On traite également le minerai de plomb par liquation, lorsqu'on emploie pour l'obtenir la méthode écossaise (voyez PLOMB).



1810.

C'est encore par liquation que l'on traitait anciennement et que l'on traite encore en quelques endroits le cuivre noir argentifère pour en retirer l'argent qu'il renferme : cette opération consiste à le fondre avec une certaine quantité de plomb pauvre, à couler en pains l'alliage obtenu, et à soumettre ces pains à la liquation sur une aire de liquation (fig. 1809, 1810 et 1811). Le plomb en se séparant par liquation entraîne la plus grande partie de l'argent pour lequel il a plus d'affinité que le cuivre ; le plomb argentifère ainsi obtenu est soumis à la coupellation, et le cuivre noir désargenté, qui reste sous la forme de carcas sur l'aire de liquation, est affiné pour cuivre marchand.



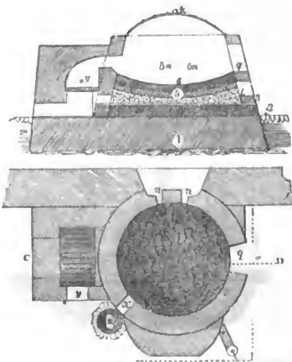
1811.

Coupellation.

Le plomb argentifère est soumis à la coupellation pour en retirer l'argent qu'il renferme; cette opération, qui se fait dans des fourneaux à réverbère dits *fourneaux de coupelle* (fig. 1812 et 1813), a pour but de séparer le plomb à l'état d'oxyde ; on active l'oxydation du plomb en lançant sur la surface du bain, par une ou deux tuyères *n*, *n*, un courant d'air froid. On fait écouler au fur et à mesure de leur formation les litharges ou oxyde de plomb; à la fin l'argent reste seul sur la sole sous la forme de gâteau. On le raffine par une nouvelle coupellation sur une petite échelle.

Lorsque le plomb argentifère est très pauvre, on le concentre par une coupellation incomplète dite *coupellation pauvre*, ou par l'affinage par cristallisation, qui est fondé sur cette propriété qu'en laissant refroidir un

1812.



1813.

bain de plomb fondu et enlevant au fur et à mesure les cristaux de plomb qui se solidifient, l'argent se concentre dans le bain et les cristaux retirés sont plus pauvres que ce dernier.

Sublimation.

On obtient par sublimation l'acide arsénieux, le mercure et le zinc.

L'acide arsénieux est ordinairement un produit ac-

cessoire du grillage des minerais d'étain et se dépose dans les chambres de condensation; cependant, il s'obtient aussi directement par le grillage des pyrites arsénicales. Dans tous les cas on le purifie par une seconde sublimation.

La distillation du mercure se fait, comme nous l'avons vu dans l'article précédent, dans des cornues ou des fourneaux de forme variable après avoir mélangé au besoin le minerai avec une certaine quantité de chaux ou de calcaire. On condense le mercure, soit dans des récipients pleins d'eau, soit dans des appareils d'un grand développement refroidis par le contact extérieur de l'air.

La distillation du minerai de zinc a lieu dans des pots, des cornues ou des moufles chauffés extérieurement; on mélange le minerai de zinc avec une certaine quantité de charbon. Lorsqu'on veut traiter du sulfure (blende), il faut préalablement le soumettre à un grillage aussi parfait que possible. Le zinc se condense dans les allonges des cornues ou moufles. On le purifie en le refondant.

Traitement des minerais par voie humide.

Amalgamation. Le traitement par amalgamation s'applique aux minerais d'argent et consiste, après avoir ramené à l'état métallique ou de chlorure, l'argent qu'ils renferment, par l'incorporation d'un oxychlorure de cuivre ou le grillage avec du sel marin, à les malaxer avec du mercure qui forme avec l'argent un amalgame soluble dans un excès de mercure. On sépare cet amalgame en le filtrant à travers une peau ou une planche de bois, puis, en le soumettant à la distillation, on en sépare le mercure.

Traitement par les acides. On emploie depuis quelque temps avec succès de l'acide sulfurique du commerce, ou fait sur place par le grillage de sulfures métalliques avec du nitre, pour traiter soit des minerais de cuivre oxydés ou carbonatés crus, soit des minerais de cuivre sulfurés après les avoir grillés aussi complétement que possible. On précipite par de la ferraille le sulfate de cuivre produit, et on raffine le cuivre de cément obtenu dans des fourneaux à réverbère ou dans des bas-foyers.

Le platine s'obtient en traitant ses minerais par l'eau régale, le précipitant de la dissolution par le sel ammoniac et calcinant le sel double obtenu.

Traitement électro chimique. Ce traitement n'étant encore qu'à l'état d'essai dans quelques usines pour le traitement des minerais d'argent et de cuivre, et n'ayant encore été définitivement adopté dans aucune, ne peut pas être considéré comme constituant en ce moment un procédé industriel, ce qui fait que nous nous contenterons de le citer ici pour mémoire.

Pour compléter cet article, voyez les mots MARTEAU, LAMINOIR, en ce qui concerne les moyens mécaniques employés pour changer la structure des métaux, FONDERIE, en ce qui regarde les moyens d'arriver au même but par le moulage, MACHINES SOUFFLANTES, comme annexe des fourneaux à tuyères, et HYDRAULIQUE et MACHINES A VAPEUR, pour l'établissement des moteurs employés, soit dans les ateliers de préparation mécanique, soit dans les usines métallurgiques; enfin les divers procédés d'utilisation de la chaleur contenue dans les gaz qui s'échappent des foyers métallurgiques, ont été exposés avec détail dans les articles COMBUSTIBLES et FER. P. DEBETTE.

MÉTAUX (*angl.* metals, *all*, metallen). On donne le nom de métaux à des corps simples opaques, doués d'un éclat particulier, que l'on désigne par l'expression d'*éclat métallique*, généralement beaucoup plus lourds que l'eau, et qui ne forment pas de composés gazeux permanents avec l'oxygène. Un petit nombre de ces métaux sont employés dans les arts, soit par suite de leurs propriétés physiques et chimiques, soit à cause de leur plus ou moins d'abondance dans le règne minéral.

On trouve les métaux dans la nature sous l'un des états suivants, qui constituent les minerais métalliques :

1° A l'état *natif*. L'or, l'argent, le cuivre, le platine et les métaux qui l'accompagnent, et le fer météorique;

2° A l'état d'*oxydes*. Le chrôme, l'urane, le manganèse, le fer, le cuivre et l'étain;

3° A l'état de *sulfures*. Le manganèse, le fer, le nickel, le cobalt, le cuivre, l'antimoine, le zinc, le mercure, le plomb et l'argent. Le soufre y est souvent remplacé en tout ou en partie par l'arsenic ou l'antimoine (cuivre et argent, nickel et cobalt);

4° A l'état de *tellurures*. L'or et l'argent;

5° A l'état de *chlorures*. Le plomb et l'argent;

6° A l'état d'*oxy-sulfure*. L'antimoine et le cuivre;

7° A l'état d'*oxy-chlorure*. Le cuivre;

8° A l'état d'*hydrate d'oxyde*. L'urane, le manganèse et le fer;

9° A l'état de *carbonates*. Le fer, le cuivre, le zinc et le plomb;

10° A l'état de *phosphate* et d'*arséniate*. Le plomb.

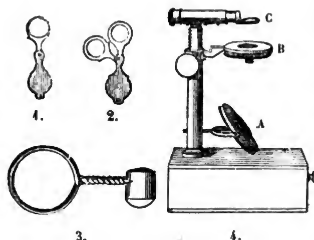
Nous terminerons ce que nous avons à dire sur les métaux, en résumant dans le tableau suivant la valeur annuelle créée par leur exploitation :

DÉSIGNATION des MÉTAUX OU DE LEUR COMPOSITION.	PRODUCTION ANNUELLE.			ORDRE d'importance.
	POIDS en quintaux métriques.	VALEUR du quintal métr. en francs.	VALEUR TOTALE.	
Antimoine	5.681	200	1.136.200	12
Argent	12.477,5	22.222	277.267.000	3
Bismuth	45	400	18.000	16
Cadmium	5	7 000	35.000	15
Chrôme (minerai de)	10.000	50	500.000	14
Cobalt (bleu de)	16.000	100	1.600.000	11
Cuivre	524.000	237	124.188.000	4
Etain	75.630	210	15.882.300	7
Fer	21.963.900	40	878.556.000	1
Manganèse (oxyde de)	50.000	50	2.500.000	10
Mercure	13.500	1.000	13.500.000	8
Nickel	400	2.000	800.000	13
Or	1.000	350.000	350.000.000	2
Platine	23	120.000	2.760.000	9
Plomb (Europe)	852.800	50	42.640.000	5
Urane (oxyde d')	2	3.000	6.000	17
Zinc	417.000	50	20.850.000	6
TOTAL			1.732.238.500	

MICROSCOPE. Nous n'avons pas ici la prétention de faire l'historique des microscopes et d'en décrire les différentes constructions, mais nous ne pouvons cependant nous dispenser de présenter très-sommairement les principales transformations qu'ils ont subies depuis leur origine.

Les anciens se servaient d'ampoules de verre pour grossir l'écriture, et nul doute qu'ils n'en fissent un fréquent usage pour l'exécution de leurs camées. Ils avaient découvert que les faisceaux lumineux devenus convergents faisaient voir l'objet amplifié. Le quatorzième siècle vit la découverte des verres travaillés; ils furent seuls employés, comme microscopes, pendant plus de deux cents ans.

Dans l'origine, ces lentilles étaient d'assez grande dimension; puis, le travail se perfectionnant, on arriva à en construire qui, ayant un rayon de courbure plus court, donnèrent de plus fortes amplifications. Telles sont les loupes de tout genre qui consistent essentiellement en une lentille convergente à court foyer et qui sont fixées dans une monture qui varie selon l'usage que l'on veut en faire. Pour la plupart des recherches, la difficulté de tenir à la main de petits verres obligea bientôt à les monter entre deux plaques de cuivre qui, en rétrécissant l'ouverture, diminuaient l'aberration;



la nécessité d'un support se fit sentir en même temps, et le rudiment du microscope simple de nos jours fut créé (1).

C'est avec le microscope simple que furent exécutés tes célèbres travaux de Leeuwenhoek, de Swammerdam le de Lyonnet.

Vers le milieu du dix-septième siècle, de très petites lentilles en verre fondu furent substituées aux premières. Leur foyer étant beaucoup plus court que celui des lentilles faites à la main, leur grossissement étant donc plus considérable, elles donnèrent lieu à une foule de découvertes. On ne connait pas le véritable inventeur de ces petites sphères fondues qui sont attribuées par les uns au Père Della Torre et par d'autres au Dr Hooke. Il y a quelques années M. Gaudin a singulièrement amélioré ces lentilles en employant pour les fabriquer le cristal de roche filé et fondu, par conséquent exempt de la double réfraction. Par un procédé extrêmement ingénieux et qui lui appartient, il a trouvé le moyen de travailler à la fois la surface plane de plus de 100 lentilles, de façon à ce que ce plan corresponde toujours à la partie la plus régulièrement sphérique de la lentille. Chacune de ces demi-sphères, sertie dans une monture très simple et très commode, forme un excellent microscope usuel qui a en outre le mérite d'être à la portée de toutes les bourses; il n'a qu'un défaut, commun à tous les microscopes simples, c'est d'avoir un champ fort restreint.

Parmi les recherches faites en Angleterre et ayant pour but le perfectionnement des microscopes simples, il faut citer les intéressants travaux de MM. Goring et Brewster sur les lentilles en pierres précieuses, et surtout le doublet de Wollaston. En France, M. Raspail a contribué à le populariser.

Le microscope composé date du dix-septième siècle; le premier fut sans doute formé de deux verres distancés, dont l'un agit comme objectif et l'autre comme oculaire. Ramsden le perfectionna singulièrement par l'application de son système oculaire à deux verres.

Le microscope se compose essentiellement d'une lentille à court foyer, que l'on dirige vers l'objet et que pour cela on nomme *lentille objective* ou *objectif*. Placée à une distance de l'objet qui excède peu sa distance focale, cette lentille forme de cet objet une image amplifiée dans le tube qui la supporte. A partir de cette image réelle et renversée, les rayons qui lui ont donné naissance par leur croisement continuent leur route, de sorte que le lieu de l'espace occupé par l'image rayonne dans une petite étendue à la manière d'un objet véritable; cette image peut donc être examinée dans l'espace, regardée de près et à la loupe comme un objet réel. C'est pourquoi l'on monte à l'extrémité du tube opposée à celle que porte l'objectif, une autre lentille ou un système de lentilles, d'un foyer ordinairement plus long et qui, étant du côté de l'œil, prend le nom d'*oculaire*. En regardant à travers l'oculaire, on voit grossie l'image déjà amplifiée de l'objet soumis à l'observation; ainsi le grossissement d'un microscope composé est égal au grossissement de l'objectif multiplié par celui de l'oculaire.

Il est impossible de citer ici même les principaux perfectionnements que le microscope subit jusqu'au moment où Euler, en 1769, indiqua la construction des lentilles achromatiques qui devaient le porter à sa perfection, et qui, le croira-t-on? ne furent exécutées qu'en 1816 par Fraunhofer, célèbre opticien de Munich. En France, le premier microscope achromatique fut présenté à l'Institut en 1823 par M. Selligue. Parmi les opticiens ou savants qui ont contribué à l'amener à la perfection qu'il possède actuellement, il faut mettre au premier rang, en Italie, M. Amici; en Allemagne, Ploëssl, Schiek et Pistor; en Angleterre, MM. Tulley, Pritchard et surtout M. Ross. En France, nous devons citer MM. C. Chevalier, Oberhauser, Trécourt; nous-même, si nous ne lui avons pas apporté de grands perfectionnements, nous l'avons vulgarisé en le mettant à la portée d'un grand nombre de personnes.

Les micrographes ont toujours été partagés en deux camps: les uns partisans exclusifs du microscope simple, les autres ne reconnaissant pour bonnes et valables que les observations faites avec le microscope composé; les perfectionnements immenses apportés récemment à celui-ci ont porté le dernier coup *aux microscopes simples*, qui ne peuvent rivaliser pour l'étendue du champ, pour la force des grossissements, avec *les microscopes composés à lentilles achromatiques*, dont les grossissements peuvent atteindre 1500 fois et

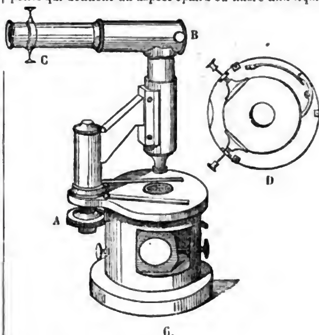
(1) Les loupes, biloupes, lentilles Stanhope et Coddington (fig. 1, 2 et 3) employées par les horlogers, graveurs, botanistes, minéralogistes, etc., etc, ne sont que des lentilles auxquelles on donne quelquefois le nom de *microscope simple*, quoique ce nom soit plus particulièrement appliqué à la lentille simple, *quand elle est montée sur un pied quelconque*.

Le microscope simple (fig. 4) est composé d'un miroir A qui réfléchit la lumière d'un porte-objet B, rendu mobile par une crémaillère et d'une pièce C destinée à recevoir la lentille.

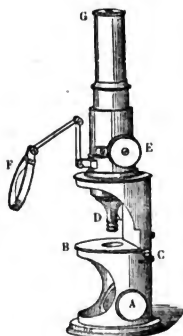
qui donnent avec une parfaite netteté des amplifications de 5 à 600 fois (1).

Les applications du microscope sont très nombreuses: il fournit des données importantes aux sciences, aux arts, à l'industrie, à la médecine, etc.; il serait trop long de les exposer en détail, nous nous bornerons à en donner l'énoncé le plus sommaire.

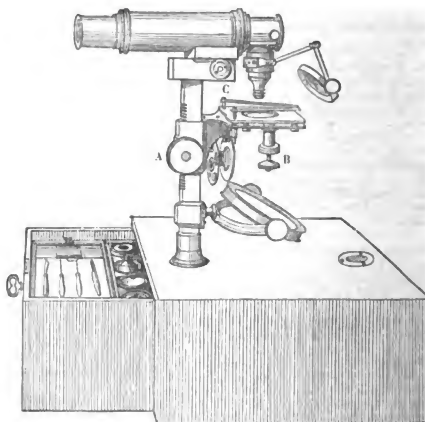
Destiné à faire pénétrer notre œil dans la structure des corps les plus petits, comme son nom le dit très bien, il existe cependant une condition sans laquelle le microscope ne peut déployer sa puissance, c'est la transparence. Les corps opaques exigeant un éclairage en dessus, on y parvient en employant une loupe, ou un prisme à surfaces convexes, ou bien un miroir d'un très court foyer vissé sur les lentilles, miroir dont l'idée appartient à Lieberkühn (le même qui en 1738 imagina le microscope solaire); toutefois, ces corps ne peuvent être étudiés qu'avec de faibles grossissements; mais leur examen ayant principalement pour but d'en voir les reliefs, la loupe ou le Coddington suffisent souvent pour cela; et, d'un autre côté, ces objets étant fort souvent des productions naturelles d'une certaine étendue, on les divise alors en lames infiniment minces, ou bien on les plonge dans des liquides qui augmentent beaucoup leur transparence.



6.



5.



7.

L'application du microscope à la chimie consiste principalement à examiner la forme des cristaux très petits qui donnent un aspect opalin ou nacré aux liquides : en général, les liquides continus et limpides échappent au microscope, mais la moindre apparence

(1) Notre microscope, composé à lentilles achromatiques (fig. 5), se compose d'un double miroir réflecteur A, d'une platine pour supporter les objets, de diaphragmes variables C pour augmenter ou diminuer l'intensité de la lumière, d'un jeu de 3 lentilles D dont les grossissements varient de 25 à 500 fois en diamètre; d'une cremaillère E, pour mettre au foyer d'une loupe à lumière F pour l'examen des corps opaques, enfin de l'oculaire G. Nous ne parlons pas des accessoires.

On reconnaîtra facilement les mêmes pièces que nous venons de décrire dans le microscope de M. Oberhauser (fig. 6). En A se trouve une vis de rappel au lieu d'une crémaillère pour ajuster au foyer, en B est un prisme redresseur qui rend le microscope horizontal. L'oculaire C est armé de 2 pointes à vis qui s'approchent et qui s'éloignent afin de prendre le diamètre des corps soumis à l'examen. La pièce D se place sur le porte-objet, elle est destinée à ramener par des mouvements très doux l'objet au centre.

D'après les descriptions que nous venons de donner, on reconnaîtra également les pièces du microscope de M. Amici sans qu'il soit nécessaire de les désigner. Celle-ci a, outre une crémaillère, une vis de rappel B pour ajuster au foyer; en C se trouve une charnière qui permet d'employer l'instrument comme microscope vertical ou horizontal; on voit dans l'intérieur de la boîte représentée entr'ouverte, une partie des oculaires et divers accessoires.

louche, laiteuse, opaline ou nacrée décèle l'existence de myriades de corps en suspension, sphériques, en aiguilles, etc., morts ou vivants. La formation des cristaux microscopiques s'observe en plaçant une goutte de la dissolution sur le porte-objet ; le dissolvant varie suivant la nature du sel, et suivant qu'on veut obtenir une évaporation plus ou moins rapide. Ce phénomène présente l'un des plus beaux spectacles que l'on puisse voir, par la perfection des lignes, l'éclat des couleurs et l'activité de la production : les cristaux isolés, qui ont été produits avec lenteur, sont remarquables par la pureté de leurs facettes et les transformations nombreuses et instructives qu'ils présentent avec la lumière polarisée.

Si la lumière ainsi modifiée est d'un puissant secours pour déterminer le système cristallin de certains corps, elle donne lieu aux plus beaux phénomènes de coloration qu'il soit possible de voir. Nous citerons particulièrement l'hydrochlorate d'ammoniaque, le chlorate de potasse et le sulfate de cuivre.

En dehors des produits purement chimiques, il y a les liquides vitaux et de déjection dont les principaux, le sang, le lait, la lymphe, l'urine, le sperme, la salive, sont du domaine de la médecine. Leur examen microscopique est fort utile pour l'indication des maladies, et peut-être trop peu pratiqué. L'inspection microscopique seule des sédiments de l'urine serait capable de guider un médecin dans un grand nombre de cas.

L'application la plus fréquente et la plus séduisante du microscope est sans contredit l'étude du règne végétal et du règne animal ; la nature vivante surtout nous pénètre d'admiration par sa fécondité illimitée, par sa délicatesse d'organisation et l'énergie de mouvement qu'elle montre dans les plus petits êtres.

Avec le microscope on reconnaît que les bois, les écorces, les épidermes végétaux et animaux les plus grossiers comme les plus délicats, les poils, les filaments, les algues, les mousses, les pollen, les fécules sont formés d'enveloppes concentriques avec des canaux, des pores, des trachées d'une texture très délicate.

Les organes des insectes sont bien plus curieux encore, les pattes, les ailes, les suçoirs, les antennes, les dards, les palpes, les cils vibratoires offrent dans leur construction une aptitude en harmonie parfaite avec leur fonction qui met en évidence la science infinie du Créateur.

Il nous reste à parler d'une application du microscope qui n'offre pas autant d'attrait à la curiosité, mais qui est d'une utilité plus immédiate, c'est celle qui concerne les falsifications.

L'avidité du gain est cause qu'il est presque impossible de se procurer aujourd'hui des produits purs, si ces produits sont vendus à l'état pulvérulent, filamenteux ou en pâte : c'est ainsi que les sels, les farines, la soie, la laine, la cire, le chocolat et une multitude d'articles de droguerie sont falsifiés par leur mélange avec un corps analogue de moindre valeur. Pour la découverte de ces falsifications le microscope est indispensable, ou du moins il nous permet souvent de qualifier la substance à la première vue, tandis que l'analyse chimique, qui ne peut être exécutée par tout le monde et demande une grande dépense de temps et d'argent, ne peut entrer en comparaison, sans compter qu'elle devient impuissante toutes les fois que la forme est tout et la substance rien ; par exemple, s'il s'agit d'une toile dans laquelle on soupçonne la substitution du coton au lin ou au chanvre.

L'analyse microscopique des tissus indiquera donc non seulement au fabricant si une très petite quantité de coton a été introduite dans une étoffe vendue comme n'en devant pas contenir, mais elle lui montrera également si les matières premières ont le degré de finesse convenable ; il reconnaîtra aussi par les aspérités écailleuses dont elles sont recouvertes, les plus propres au feutrage.

C'est surtout dans les farines que la fraude se fait sur une grande échelle ; en effet, on peut impunément ajouter une assez grande quantité de farine de pois, de haricots, d'avoine, à des farines de froment ; cette fraude ne peut se reconnaître qu'avec le microscope. Presque tous les chocolats contiennent plus ou moins de fécule de pomme de terre ; un fragment dissous dans une goutte d'eau, c'est tout autant qu'il en faut pour reconnaître cette falsification. Dans des poudres de lichen vendues fort cher, comme ne devant contenir que du lichen broyé et du sucre en poudre, nous avons reconnu qu'il y avait au moins un tiers de fécule de pomme de terre ; à cause de son bas prix et de la facilité avec laquelle on l'incorpore à une foule de substances, on trouve souvent cette même fécule dans le beurre, dans la cire, et dans presque toutes les fécules étrangères vendues sous le nom d'arrow-root et autres.

Le microscope sert encore à mesurer les corps les plus ténus en les appliquant sur un micromètre tracé sur verre, dont les divisions d'une finesse extrême montrent le millimètre divisé en 500 et même en 1,000 parties. Cette mensuration est aussi utile aux sciences qu'à l'industrie ; on mesure aussi bien les globules du sang que le diamètre de la soie et de la laine : la finesse des laines se reconnaît, il est vrai, au premier aspect ; mais le mélange en faible proportion qui échappe à la vue simple se manifeste immédiatement avec le microscope.

En résumé, la première vue ne peut dispenser du microscope, et toute administration ou fabrique employant des matières pulvérulentes, filamenteuses ou en pâte, trouverait un grand bénéfice à s'en servir, ne fût-ce que pour montrer qu'elle a l'œil toujours ouvert sur la fraude.

On s'est beaucoup occupé des illusions microscopiques, et l'on a prétendu qu'elles devaient faire rejeter le microscope pour des recherches sérieuses ; elles ont en effet conduit quelquefois dans une fausse voie ou ont donné lieu à des prévisions qui ne se sont pas toujours réalisées, mais elles ont presque toujours pour cause un éclairage exagéré. Nous pensons, en résumé, qu'avec du soin, de l'attention, de la persévérance, en se tenant toujours en garde, on arrivera certainement à les éviter.

L'optique fournit encore aux amateurs d'observations microscopiques un appareil dont les effets sont des plus remarquables, c'est le *microscope solaire*. Il exige nécessairement, ainsi que l'indique son nom, le concours de la lumière solaire. Un large faisceau de rayons solaires est renvoyé horizontalement par un miroir plan convenablement incliné ; puis, ce faisceau est concentré par un grand verre collecteur sur l'objet qu'il s'agit d'observer. A une petite distance de celui-ci se trouve une série de lentilles qui va former bien au delà une image réelle et considérablement amplifiée, que l'on reçoit sur un grand écran blanc. Si l'on a préalablement fait l'obscurité dans la chambre où l'on opère, l'image fournie par ce microscope, après la mise au point, est vive et tranchée et peut être contemplée par une société nombreuse. L'instabilité de notre climat a fait songer à substituer au soleil quelque autre foyer de lumière artificielle et intense ; on a employé successivement l'éclairage aux gaz oxygène et hydrogène projetés sur la chaux et la lumière plus vive encore, fournie par la pile ; ce dernier moyen surtout a fourni d'assez beaux résultats.

N.-P. Lerebours.

MINÉRALOGIE. La minéralogie, qui comprend l'étude et la description des *minéraux* ou corps que l'on rencontre dans le règne animal, et la GÉOLOGIE, qui s'occupe de leur gisement, c'est-à-dire de leur manière d'être dans le sein de la terre, sont deux sciences dont la connaissance est indispensable à ceux qui veulent s'occuper d'exploitation de mines, ou d'une quelconque des branches si étendues de l'industrie qui repose sur la mise en œuvre et le traitement des matières minérales que nous fournit l'écorce terrestre. Il n'entre pas dans notre cadre de faire ici un traité de minéralogie ; nous ne pouvons que donner ici les principes généraux de cette science, en renvoyant pour la description sommaire des principaux minéraux à l'article de chaque métal, et aux mots ARGILE, CALCAIRE, COMBUSTIBLE, GEMMES, HOUILLE, QUARZ, etc. Nous recommanderons seulement à ceux de nos lecteurs qui voudraient acquérir une connaissance plus approfondie de cette science, l'excellent traité de minéralogie que vient de publier M. Dufrénoy, et qui joint à l'avantage de résumer l'état actuel de la minéralogie, celui de renfermer des indications précises sur le mode de gisement des minéraux, point de vue de la plus haute importance pour l'industrie, et jusqu'alors trop négligé par les savants qui ont écrit sur cette matière.

La marche que l'on suit dans l'étude de la minéralogie est analogue à celle adoptée dans les autres branches de l'histoire naturelle. On réunit les minéraux en groupes que l'on divise en classes ou familles, qui se subdivisent successivement en genres, en espèces et en variétés. L'espèce, en minéralogie, est formée de la réunion d'un certain nombre d'individus liés entre eux par une composition chimique identique ; les variétés, souvent d'aspect et de propriétés très différentes, le doivent à un mode d'agrégation moléculaire différent ; ainsi, le spath d'Islande, le marbre statuaire, les marbres communs, les pierres à chaux et la craie, sont des variétés d'une même espèce que la chaux carbonatée, et se composent tous d'acide carbonique et de chaux dans les mêmes proportions. Cet exemple montre qu'il faut étudier les minéraux sous deux rapports distincts, physiquement et chimiquement.

Parmi les *caractères physiques*, les uns sont appréciables à la simple vue, ce sont les *caractères extérieurs ;* d'autres, exigent la considération des formes géométriques, ce sont les *caractères cristallographiques ;* quelques uns, enfin, ne peuvent se constater que par certaines expériences de physique, ce sont les *caractères physiques* proprement dits.

Les *caractères chimiques* sont tous fondés sur la recherche de la composition plus ou moins exacte des minéraux. Nous allons exposer aussi brièvement que possible ces quatre classes de caractères.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les caractères extérieurs des minerais sont :

1° *L'état d'agrégation.* Les minéraux sont liquides, solides ou friables. Lorsqu'ils sont liquides, ils sont fluides (mercure) ou visqueux (bitume) ;

2° *La couleur.* La couleur est propre au minéral et constante, ou accidentelle par mélange. Dans quelques cas, elle est irisée ou chatoyante ;

3° *La forme.* Les formes géométriques constituent les caractères cristallographiques dont nous nous occuperons plus loin. Les autres formes sont imitatives (en grains, coralliforme, etc), pseudo-morphiques (par remplacement, bois pétrifié, etc.), pseudo-régulières (en masses prismatiques provenant de fissures dues à un retrait, basaltes, etc.) ou communes, c'est-à-dire sans forme déterminée ; dans ce dernier cas on dit que le minéral peut être en masse, en fragments anguleux ou amorphes ;

4° *L'éclat.* L'éclat que présentent les minéraux est vitreux, cireux, soyeux, nacré, adamantin, métalloïde ou demi-métallique et métallique ;

5° *La transparence.* Les minerais peuvent être diaphanes ou transparents, translucides ou opaques ;

6° *La cassure.* La cassure est lamelleuse, lamellaire, grenue, fibreuse, rayonnée, schisteuse et compacte.

La cassure lamelleuse n'a lieu que pour les minéraux cristallisés ; il importe alors de constater si on peut les diviser en lames dans plusieurs sens, c'est-à-dire s'il y a un ou plusieurs *clivages*, et leur facilité relative.

7° *Dureté.* C'est un caractère très important qui s'apprécie par la résistance qu'un corps oppose à être rayé par un autre, et qui est essentiellement lié à la composition chimique ; on l'apprécie en prenant pour termes de comparaison les dix substances suivantes :

1. — Talc.	6. — Feldspath.
2. — Gypse.	7. — Quarz.
3. — Spath d'Islande.	8. — Topaze.
4. — Chaux fluatée.	9. — Corindon.
5. — Chaux phosphatée.	10. — Diamant.

8° *La raclure.* L'essai de la dureté donne une rayure et une poussière dont l'examen est caractéristique pour les minéraux qui ont une couleur propre ;

9° *La ténacité, la tachure, l'onctuosité, la flexibilité, la ductilité, la saveur, le happement à la langue, l'odeur, le froid, le son et la pesanteur,* sont des caractères qui n'appartiennent qu'à un très petit nombre de minéraux, et qui, par cela même, deviennent pour ceux qui les possèdent un moyen facile de distinction.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

Un grand nombre de minéraux se présentent dans la nature sous la forme de polyèdres ou cristaux, qui sont assujettis aux lois ci-dessous :

1° Ces polyèdres sont terminés par des faces planes ;

2° Ces faces sont ordonnées symétriquement, soit toutes ensemble, soit par parties, par rapport à une ou plusieurs lignes qu'on appelle axes ;

3° Dans la plupart des cristaux les faces sont parallèles deux à deux ;

4° Enfin les angles des cristaux sont toujours saillants et jamais rentrants.

Ces lois, qui sont générales, présentent quelquefois, cependant, des anomalies apparentes, mais le plus léger examen en montre immédiatement la cause. Ainsi certains minéraux, tels que l'oxyde d'étain, le feldspath, etc., présentent souvent un angle rentrant dû au croisement symétrique de deux cristaux ; on dit alors que ceux-ci sont maclés ou qu'ils présentent une *hémitropie :* le plan de jonction des deux cristaux est ordinairement parallèle à ceux des faces du cristal simple, ou à un de ses plans diagonaux.

Nous avons déjà fait remarquer que beaucoup de minéraux cristallisés possèdent un ou plusieurs clivages, c'est-à-dire qu'ils peuvent se diviser en lames suivant une ou plusieurs directions ; ces clivages sont soumis aux lois suivantes :

1° Dans un même minéral les clivages sont toujours semblablement disposés ; ils forment des angles constants entre eux, ainsi qu'avec les faces du cristal ;

2° Quand il existe trois directions de lames, ces directions constituent par leur réunion un solide de clivage qui a constamment les mêmes angles pour une même espèce, et la détermine d'une manière précise ;

3° Dans une même substance, et quelque soit le nombre des clivages, ceux-ci sont ordinairement constants dans leur degré de netteté, et cette netteté est elle-même en rapport avec la nature des faces auxquels ils correspondent.

Le célèbre *Haüy*, qui mérite à juste titre d'être regardé comme le fondateur de la minéralogie, ayant remarqué que tous les cristaux si variés que présente une même espèce minérale clivable, admettaient ces

mêmes clivages, fut conduit à penser qu'il devait exister une relation intime entre les formes de ces cristaux et le solide de clivage, et il a effectivement reconnu qu'on pouvait les faire dériver d'une manière simple de ce noyau intérieur. Étendant cette idée à tous les minerais cristallisés, il a également reconnu que l'on pouvait toujours y supposer l'existence d'un noyau intérieur sur lequel les faces des cristaux sont placées d'une manière symétrique ; il a donné le nom de *forme primitive* à ce noyau intérieur, souvent hypothétique, quelquefois même différent du solide de clivage, et celui de *formes secondaires* aux cristaux qui en dérivent; enfin, il a désigné par l'expression de *système cristallin*, l'ensemble des lois au moyen desquelles les formes secondaires dérivent de la forme primitive.

La première de ces lois, qui constitue la *loi de symétrie*, consiste, en ce que s'il existe une modification ou face secondaire sur une partie quelconque d'un cristal : la même modification doit se représenter sur toutes les parties semblables et semblablement placées du cristal.

Lorsque les plans de ces nouvelles faces sont également inclinés sur les angles, ou sur les arêtes, sur lesquels les modifications ont lieu, on dit que ces modifications sont tangentes à ces angles ou à ces arêtes.

Certains cristaux échappent à la loi de symétrie, les faces qui les forment n'ont plus leurs parallèles, et on ne peut les concevoir qu'en supposant la suppression de la moitié des modifications qui leur ont donné naissance : on les désigne sous le nom de cristaux *hémièdres*.

Les formes primitives peuvent toujours rentrer dans l'un des six *types cristallins* suivants :

1° Le cube;
2° Le prisme droit à base carrée :
3° Le prisme droit à base rectangle;
4° Le rhomboèdre;
5° Le prisme rhomboïdal oblique;
6° Le prisme oblique non symétrique.

1° *Cube*. Dans le cube les angles, les arêtes et les faces présentent une symétrie complète qui doit se reproduire également dans les modifications qui mènent aux formes dérivées. Ainsi le cube a huit angles et douze arêtes.

Des modifications tangentes sur les angles mènent à l'octaèdre régulier.

Des modifications tangentes sur les arêtes donnent le dodécaèdre.

Des modifications non tangentes seront triples sur les angles, et doubles sur les arêtes; elles donneront naissance, dans chaque cas, à des solides à vingt-quatre faces.

Les principaux cristaux hémièdres du premier type cristallin sont :

Le tétraèdre régulier, hémièdre de l'octaèdre régulier; et le dodécaèdre rhomboïdal, solide à douze faces pentagones, hémièdre d'un solide à vingt-quatre faces;

2° *Prisme droit à base carrée*. Dans le prisme droit à base carrée il y a huit angles égaux et semblablement placés, et deux sortes d'arêtes, huit horizontales et quatre verticales.

Les modifications sur les angles, ainsi que celles sur les arêtes de la base, donnent des octaèdres à base carrée; les modifications sur les arêtes verticales reproduisent un prisme droit à base carrée, et à huit faces quand les modifications ne sont pas tangentes. La combinaison de ces formes donne des prismes droits à base carrée ou octogone avec pointements à quatre ou huit faces.

L'octaèdre à base carrée présente une hémiédrie, le tétraèdre symétrique, dans le cuivre pyriteux.

3° *Prisme droit à base rectangle*. Dans le prisme droit à base rectangle il y a huit angles trièdres égaux et semblablement placés, et trois sortes d'arêtes, savoir : quatre arêtes verticales, et huit arêtes horizontales dont quatre longues et quatre courtes.

Les modifications sur les angles donnent des octaèdres à base rhombe; les modifications sur les arêtes de la base donnent lieu tantôt à des biseaux, tantôt à des octaèdres à base rectangulaire; des modifications sur les arêtes verticales donnent des prismes rhomboïdaux droits, dont la combinaison avec le prisme droit à base rectangle donne des prismes à six ou huit faces.

4° *Rhomboèdres*. Dans les trois premiers types cristallins, il y a trois axes de figure rectangulaires, tous trois égaux dans le premier, dont deux seulement sont égaux dans le second, et qui sont tous les trois inégaux dans le troisième. Ces axes sont obliques, égaux entre eux et également inclinés dans le rhomboèdre, qui est un prisme oblique dont toutes les faces sont des rhombes égaux. Il s'ensuit que les éléments dont se compose le rhomboèdre sont deux angles sommets, six angles latéraux, six arêtes culminantes, trois pour chaque sommet, et six arêtes latérales : un plan mené par le milieu de la ligne qui joint les deux sommets et perpendiculairement à cette ligne coupera le rhomboèdre suivant un hexagone régulier.

Des modifications tangentes sur les six arêtes culminantes donneront des rhomboèdres; des modifications inégalement inclinées seront doubles et donneront lieu généralement à des *métastatiques*, dodécaèdres à triangles scalènes, et comme cas particulier à des dodécaèdres à triangles isocèles.

Des modifications tangentes sur les six arêtes latérales, donneront des prismes hexaèdres réguliers; et des modifications inégalement inclinées, des métastatiques.

Des modifications tangentes sur les angles sommets, donneront les bases des prismes à six faces; des modifications inégalement inclinées seront triples, et donneront des rhomboèdres.

Des modifications tangentes sur les angles latéraux donneront des prismes à six faces réguliers; des modifications inégalement inclinées peuvent être suivant leur position simples ou doubles : dans le dernier cas, elles donnent des métastatiques, dans le premier, des rhomboèdres qui, se combinent quelquefois avec le rhomboèdre primitif pour donner naissance à des dodécaèdres à triangles isocèles.

Ces diverses formes se combinent presque toujours ensemble pour donner des cristaux composés de forme très variée.

5° *Prisme rhomboïdal oblique*. Dans ce type cristallin deux des axes sont égaux et également inclinés sur le troisième. Il en résulte qu'il y a trois sortes d'angles, savoir : deux couples d'angles égaux et semblablement placés, dont les sommets sont deux à deux dans le plan diagonal perpendiculaire à la base, et quatre angles semblables dont les sommets sont situés dans l'autre plan diagonal; et quatre sortes d'arêtes, savoir : deux sortes d'arêtes verticales opposées deux à deux, et deux sortes d'arêtes horizontales parallèles quatre à quatre.

Des modifications sur les angles, les remplacent par une ou deux faces et donnent naissance, dans tous les cas, à des biseaux. Des modifications sur les arêtes verticales donnent naissance à des prismes à quatre, six ou huit faces. Des modifications sur les arêtes de la base donnent des biseaux, qui donnent souvent, en se combinant avec la base ou entre eux, des pointements à trois ou à quatre faces.

6° *Prisme oblique non symétrique*. Lorsque les trois axes obliques sont inégaux, il n'existe plus de symétrie dans le cristal, qui se présente sous la forme d'un prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle. Les angles solides non opposés sont formés d'angles plans différents; les arêtes verticales sont de deux

espèces, et les arêtes de la base sont toutes dissemblables. Il y a donc, dans ce type cristallin, dix éléments différents, savoir : 4 espèces d'angles et 6 espèces d'arêtes.

De ce défaut de symétrie, il résulte que les modifications se réduisent à de simples troncatures, qui se reproduisent deux par deux sur les arêtes ou les angles opposés.

Détermination de la forme primitive et des formes secondaires. La forme primitive est donnée par les angles et par les dimensions de ses axes. Ces quantités sont complétement déterminées dans le premier type cristallin : pour le rhomboèdre, il suffit de déterminer l'angle que font entre eux les axes; pour le prisme droit à base carrée et le prisme droit à base rectangle, les dimensions des axes; pour le prisme oblique rhomboïdal et le prisme oblique non symétrique, les dimensions des axes et leurs inclinaisons respectives. Des angles que forment les axes entre eux, on peut déduire aisément, par les formules de la trigonométrie sphérique, les angles dièdres formés par les faces de la forme primitive, qui leur sont parallèles, et qui constituent les angles dièdres d'angles solides trièdres, dont les angles plans sont précisément ceux que les axes forment entre eux.

Les modifications sur les arêtes de la forme primitive de chaque type cristallin sont parallèles à l'un des axes, et coupent les deux autres; celles sur les angles coupent les trois axes. Dans les deux cas, ayant mesuré les angles formés par les faces secondaires avec les faces primitives, on peut calculer, par la trigonométrie, les distances relatives auxquelles elles coupent ces axes. L'expérience a démontré que, en supposant que ces faces passent par l'extrémité de l'un des axes, elles couperont les autres à des distances qui seront dans des rapports simples avec les longueurs de ces axes : cette loi constitue, avec la loi de symétrie, les lois fondamentales de la dérivation des formes secondaires.

Réciproquement l'observation des faces secondaires et, par suite, le calcul des distances relatives auxquelles elles coupent les axes, donnent le moyen de déterminer les dimensions de la forme primitive, qui sont soumises à satisfaire à la loi énoncée ci-dessus.

Goniomètres. La détermination de la forme primitive et de ses dimensions, ainsi que celle de la loi de dérivation des faces secondaires, repose sur la mesure des angles dièdres que les faces des cristaux font entre elles; les instruments qui servent à mesurer ces angles ont reçu le nom de goniomètres. Ils se divisent en deux classes, les goniomètres d'application et les goniomètres à réflexion. Le plus simple et le plus employé des goniomètres d'application se compose d'un demi-cercle gradué, sur lequel sont fixées deux lames servant d'alidades, l'une fixe formant le diamètre de l'instrument et en marquant le zéro, l'autre mobile autour du centre et servant à mesurer l'angle dont on veut déterminer la valeur. L'opération consiste à amener l'une des deux faces du cristal comprenant l'angle cherché sur l'alidade fixe, et à faire mouvoir l'alidade mobile jusqu'à ce qu'elle s'applique exactement sur l'autre face.

Les goniomètres à réflexion donnent les angles avec beaucoup plus d'exactitude que les goniomètres d'application; mais ils ne peuvent être employés que pour des cristaux, dont les faces sont très nettes et susceptibles de faire miroir. Ils consistent en un cercle divisé vertical ou horizontal mobile, dans l'axe duquel on place l'arête de jonction des deux faces dont on veut mesurer l'angle dièdre. On fait ensuite tourner le cercle divisé sur son axe, de manière à voir successivement par réflexion, sur chacune des faces, une ligne éloignée parallèle à cet axe; l'observation se fait, soit à l'œil nu, soit au moyen d'une lunette fixe; l'angle de rotation du cercle est le supplément de l'angle dièdre cherché.

Anomalies aux lois de la cristallisation. L'étude des formes des cristaux avait conduit Haüy à poser en principe :

1° Que, lorsque des minéraux ont une composition chimique identique, ils possèdent toujours un même système cristallin, et les valeurs des angles de la forme primitive sont les mêmes;

2° Que, lorsque des minéraux diffèrent dans leur composition chimique, leur cristallisation est différente, et, dans le cas où ces minéraux possèdent un système cristallin analogue, leurs formes primitives admettent des angles différents.

Ces deux principes sont aujourd'hui trop absolus. M. Mitscherlich a montré que certaines substances pouvaient se remplacer les unes les autres en toutes proportions sans altérer la forme; découverte importante d'où est née la belle théorie de l'*isomorphisme*. Il a également fait voir qu'il existe un petit nombre de corps *dimorphes* (10 à 12 seulement), c'est-à-dire qui présentent des formes incompatibles, appartenant à des types cristallins différents : ce n'est donc qu'une exception extrêmement rare. Quant aux corps isomorphes, il suffit de regarder, comme ayant la même composition, les minéraux qui ne diffèrent que par la substitution d'une partie de leurs éléments par leurs isomorphes.

Les angles rentrants, qui proviennent de l'*hémitropie* ou du croisement des cristaux, ne sont, comme nous l'avons vu, que des anomalies apparentes de la loi de symétrie.

Certains cristaux présentent une *dissymétrie* réelle; elle est complète, et produit généralement des cristaux hémièdres complets dans les deux premiers types cristallins; dans tous les autres cas, elle paraît en relation intime avec les propriétés pyro-électriques que présentent alors ces cristaux.

CARACTÈRES PHYSIQUES.

Ces caractères sont au nombre de six, savoir :

La densité ou pesanteur spécifique;

L'électricité;

Le magnétisme;

La double réfraction;

L'élasticité;

Et la dilatation.

1° *Pesanteur spécifique.* La pesanteur spécifique des minéraux est un caractère très important, et qui est très souvent consulté. On la détermine par les procédés que nous avons décrits au mot DENSITÉ.

2° *Electricité.* Tantôt les minéraux sont susceptibles d'acquérir directement les propriétés électriques, soit par le frottement, soit par l'action de la chaleur ou du contact; tantôt il est nécessaire qu'ils soient pour cela isolés; enfin, l'électricité qui se développe est tantôt positive, tantôt négative.

Parmi les minéraux électriques par la chaleur ou pyro-électriques, quelques-uns ont des pôles, c'est-à-dire que l'une de leurs extrémités présente de l'électricité positive pendant que l'autre extrémité est électrisée négativement. Il est à remarquer que cette propriété est en rapport avec la cristallisation, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, en parlant des anomalies aux lois de symétrie. L'un des pôles est modifié d'une certaine façon, et l'autre pôle porte un autre genre de modification. Nous citerons pour exemple la tourmaline; l'électricité s'y développe avec énergie par l'action de la chaleur, et la nature des pôles est facile à observer. Ceux-ci changent de place lors du refroidissement; en outre, lorsqu'on casse les cristaux, leurs fragments deviennent, sous le rapport électrique, chacun un cristal complet; de sorte que, placés les uns à côté des autres, ils présentent des pôles différents.

Quelques corps, comme la chaux fluatée, deviennent phosphorescents par le frottement ou par l'action de la chaleur ; mais ce phénomène, présentant une intensité très variable, suivant les échantillons, est un caractère de peu d'importance.

3° *Magnétisme.* La propriété d'agir sur le barreau aimanté est caractéristique du fer oxydulé.

4° *Double réfraction.* Les cristaux du premier type cristallin ne possèdent pas la double réfraction ; les cristaux, qui dérivent du prisme droit à base carrée et du rhomboèdre, jouissent de la double réfraction à un axe ; les cristaux, qui dérivent du prisme droit rectangulaire, du prisme rhomboïdal oblique et du prisme oblique non symétrique, possèdent la double réfraction à deux axes. Dans les cristaux qui jouissent de la double réfraction, on donne le nom d'axes aux directions suivant lesquelles il n'y a pas de double réfraction, c'est-à-dire suivant lesquelles les rayons ordinaire et extraordinaire se confondent. Ces propriétés servent souvent de guides précieux pour reconnaître le type cristallin d'une substance minérale imparfaitement cristallisée.

Lorsqu'un rayon lumineux tombe, sous un angle de 35° 25', sur une glace polie et non étamée, au lieu de la traverser il se réfléchit en faisant un angle de réfraction égale à l'angle d'incidence ; si maintenant on le reçoit dans un point quelconque de son trajet sur une autre glace également polie et non étamée, il y subira, en général, une seconde réflexion partielle, mais cette réflexion deviendra nulle, c'est-à-dire que la lumière s'éteindra complétement, si la seconde glace est parallèle à la première : on dit alors que la lumière est complétement polarisée.

La tourmaline jouit de la propriété d'éteindre complétement la lumière polarisée. Cette propriété est fréquemment employée pour reconnaître si une substance jouit de la double réfraction et si cette double réfraction est à un ou deux axes. Lorsqu'on prend deux plaques de tourmaline taillées parallèlement à l'axe, et qu'on les place l'une sur l'autre dans leur position naturelle, comme cette substance est diaphane, les plaques laissent passer la lumière ; mais si on les place à angle droit, l'espace compris entre les deux plaques devient complétement obscur. Si maintenant on interpose entre les deux plaques de tourmaline un cristal jouissant de la double refraction, le rayon polarisé, en traversant ce cristal, sera dévié de sa route, il ne sera plus dans la position convenable pour être polarisé par la seconde plaque ; la lumière sera donc rétablie, et la partie qui était obscure redeviendra transparente. En outre, dans les substances bi-réfringentes à un axe, la partie devenue claire présentera une série d'anneaux colorés traversés généralement par une croix noire, qui s'épanouit à ses extrémités sous la forme d'un pinceau, tandis que pour les substances à deux axes les anneaux colorés sont seulement traversés par une barre noire.

5° *Élasticité.* Ce caractère n'est développé à un haut degré que dans très peu de minéraux.

6° *Dilatation.* La dilatation n'est pas la même dans tous les sens dans tous les corps cristallisés, et est en relation avec leur système cristallin ; c'est un caractère difficile à apprécier et de très peu d'importance.

CARACTÈRES CHIMIQUES.

Les minéraux cristallisés peuvent presque toujours être déterminés par le seul examen de la forme ; mais lorsqu'ils sont à l'état compacte, il est souvent nécessaire d'avoir recours aux caractères chimiques pour en reconnaître la nature. L'étude de ces caractères ne consiste en minéralogie que dans des épreuves promptes et faciles qui donnent des indications sur la nature des éléments constitutifs des minéraux, sans en faire connaître exactement les proportions.

Sans compter l'*analyse mécanique*, qui consiste à réduire un minéral, cristallin ou grenu, en poussière grossière, et à en isoler les diverses parties, soit par le triage à la main, soit par le lavage, on a recours, en minéralogie, à quatre genres d'épreuves, savoir : la solubilité dans l'eau, l'action des acides, celle des alcalis, et les essais par voie sèche.

1° *Solubilité dans l'eau.* N'existe que pour un très petit nombre de corps, pour lesquels c'est un caractère très saillant, surtout si l'on observe en même temps le goût qui est propre à chaque sel et le caractérise presque toujours.

2° *Action des acides.* Quand on traite un minéral par les acides, on distingue :

S'il est soluble ou non dans les acides ;

S'il s'y dissout avec ou sans effervescence ;

S'il se dissout entièrement ou s'il laisse un résidu pierreux ou gélatineux. Dans le premier cas, l'action des acides peut être lente ou rapide, et la dissolution, incolore ou colorée ; cette couleur est caractéristique pour tous les métaux dont les solutions ont une couleur propre.

Tantôt l'effervescence est produite par des vapeurs nitreuses rutilantes, résultant d'une suroxydation par l'emploi de l'acide nitrique ; tantôt elle est due à un dégagement d'acide carbonique incolore, et provient de carbonates : dans ce cas, elle est vive ou lente.

Le résidu qui reste après l'attaque par les acides provient généralement d'un mélange ; dans les pierres à chaux, par exemple, il sert à apprécier leur degré d'hydraulicité. Lorsque ce résidu est gélatineux, c'est de la silice, et le minéral est un silicate ou un hydrosilicate.

3° *Action des alcalis.* Peu employée. On se sert quelquefois d'une dissolution de potasse caustique pour dissoudre la silice gélatineuse, et de l'ammoniaque pour enlever le chlorure d'argent, et pour reconnaître les minerais de cuivre et de nickel, en se fondant sur cette propriété que les oxydes de ces métaux sont solubles dans ce réactif et donnent une liqueur bleue.

4° *Essais par voie sèche.* Ces essais sont de deux sortes :

1° On calcine, ou on grille, les minéraux, pour reconnaître s'ils renferment une substance volatile ;

2° On cherche s'ils sont fusibles ou non.

La calcination s'opère dans des tubes fermés ou *matras* ; le grillage, dans des tubes ouverts par les deux bouts, en chauffant ces tubes graduellement sur des charbons ou mieux sur une lampe à esprit de vin.

Quelques minéraux (argent sulfuré...) sont fusibles à la simple flamme d'une bougie ; mais, en général, il faut les soumettre à une température plus élevée, que l'on produit en dirigeant un courant d'air vif sur la flamme de la bougie, au moyen d'un chalumeau, tube de métal recourbé et effilé à un bout, avec réservoir interposé destiné à condenser l'humidité. La pointe extrême du dard de flamme produit par le chalumeau est éminemment oxydante, la partie blanche et brillante de la flamme, où la combustion est incomplète, jouit au contraire de propriétés réductives.

On essaie ainsi d'abord si le minéral est fusible ou non au chalumeau ; lorsqu'il est fusible, si le produit de la fusion est un verre transparent, un émail ou une scorie, s'il est opaque ou transparent, coloré ou non. Tantôt la fusion a lieu avec boursoufflement, comme pour la plupart des hydrates, quelques minéraux qui contiennent de l'acide borique, etc. ; tantôt les minéraux éprouvent, avant de se fondre, une espèce de grillage, et donnent lieu à une odeur particulière, ou à des fumées, comme les matières arsenicales.

On facilite la fusion des minéraux en ajoutant certains fondants, et on obtient ainsi des émaux ou des verres dont la couleur indique la nature de la substance. Pour rendre sensibles les teintes propres aux oxydes

métalliques que contiennent les minéraux soumis à l'essai, on emploie successivement les pouvoirs réductif et oxydant du dard du chalumeau, ou bien on y ajoute des fondants qui jouent en même temps le rôle d'agents de réduction ou d'oxydation. Les fondants que l'on emploie comme fondants seulement, sont le borax, et le sel de phosphore, ou phosphate double de soude et d'ammoniaque; ce dernier est surtout employé pour reconnaître les silicates ; par lui, la silice est mise en liberté, et apparait dans le sel de phosphore liquéfié sous la forme d'une masse gélatineuse. La soude et le carbonate de soude sont très employés comme agents à la fois fondants et réductifs. On emploie quelquefois le nitre comme agent oxydant.

Pour faire l'essai, on réduit le minéral en poudre fine, que l'on mélange, s'il y a lieu, avec le fondant, puis on prend un fil de platine que l'on recourbe en forme de crochet à un bout, et qu'on plonge dans la poudre ci-dessus après l'avoir humecté avec la langue. On le soumet ensuite à l'action du dard du chalumeau, de manière à le fondre et à obtenir une goutte ou globule vitreux, qui se fige et s'arrête dans la courbure du fil de platine. L'emploi d'un support de charbon est à présent à peu près complétement abandonné.

Nous ne pouvons, sans sortir du cadre de ce Dictionnaire, entrer dans des détails particuliers sur les caractères propres à chaque minéral ; nous renverrons pour les minéraux qui ont une valeur industrielle au nom de chacun d'eux, et aux traités spéciaux de minéralogie.

P. DEBETTE.

MINES (*administration*). En Angleterre les mines font partie de la propriété de la surface, mais en France et sur tout le continent, elles constituent, dans certains cas, une propriété nouvelle, tout à fait indépendante de celle de la surface, et dont l'exploitation ne peut avoir lieu qu'en vertu d'un acte émané du gouvernement et qui s'accorde à ceux qui réunissent certaines conditions, propriétaires ou non de la surface. Nous ne saurions mieux faire, à cet égard, que de donner ici le texte de la loi du 21 avril 1810, qui renferme toute la législation des mines en France.

Loi du 21 avril 1810 sur les mines.

TITRE PREMIER.

DES MINES, MINERAIS ET CARRIÈRES.

Art. 1er. Les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre, ou existantes à la surface, sont classées, relativement aux règles de l'exploitation de chacune d'elles, sous les trois qualifications des mines, minières et carrières.

Art. 2. Seront considérées comme mines celles connues pour contenir en filons, en couches ou amas, de l'or, de l'argent, du platine, du mercure, du plomb, du fer en filons ou couches, du cuivre, de l'étain, du zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic, du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la plombagine ou autres matières métalliques, du soufre, du charbon de terre ou de pierre, du bois fossile, des bitumes, de l'alun et des sulfates à base métallique.

Art. 2. Les minières comprennent les minerais de fer dits d'alluvion, les terres pyriteuses propres à être converties en sulfate de fer, les terres alumineuses et les tourbes.

Art. 4. Les carrières renferment les ardoises, les grès, pierres à bâtir et autres, les marbres, granits, pierres à chaux, pierres à plâtre, les pouzzolanes, les trass, les basaltes, les laves, les marnes, craies, sables, pierres à fusil, argiles, kaolins, terres à foulon, terres à potasse, les substances terreuses et les cailloux de toute nature, les terres pyriteuses regardées comme engrais, le tout exploité à ciel ouvert ou avec des galeries souterraines.

TITRE II.

DE LA PROPRIÉTÉ DES MINES.

Art. 5. Les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'un acte de concession délibéré en conseil d'État.

Art. 6. Cet acte règle les droits des propriétaires de la surface sur le produit des mines concédées.

Art. 7. Il donne la propriété perpétuelle de la mine, laquelle est dès lors disponible et transmissible comme tous autres biens, et dont on ne peut être exproprié que dans les cas et selon les formes prescrites pour les autres propriétés, conformément au Code civil et au Code de procédure civile. Toutefois, une mine ne peut être vendue par lots ou partagée, sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans les mêmes termes que la concession.

Art. 8. Les mines sont immeubles.

Sont aussi immeubles, les bâtiments, machines, puits, galeries et autres travaux établis à demeure, conformément à l'art. 524 du Code civil.

Sont aussi immeubles, par destination, les chevaux, agrès, outils et ustensiles servant à l'exploitation.

Ne sont considérés comme chevaux attachés à l'exploitation, que ceux qui sont exclusivement attachés aux travaux intérieurs des mines.

Néanmoins les actions ou intérêts dans une société ou entreprise pour l'exploitation des mines, seront réputés meubles, conformément à l'article 529 du Code civil.

Art. 9. Sont meubles, les matières extraites, les approvisionnements et autres objets mobiliers.

TITRE III.

DES ACTES QUI PRÉCÈDENT LA DEMANDE EN CONCESSION DE MINES.

SECTION Ire. — *De la recherche et de la découverte des mines.*

Art. 10. Nul ne peut faire des recherches pour découvrir des mines, enfoncer des sondes ou tarières sur un terrain qui ne lui appartient pas, que du consentement du propriétaire de la surface, ou avec l'autorisation du gouvernement, donnée après avoir consulté l'administration des mines, à la charge d'une indemnité préalable envers le propriétaire, et après qu'il aura été entendu.

Art. 11. Nulle permission de recherches, ni concession de mines ne pourra, sans le consentement formel du propriétaire de la surface, donner le droit de faire des sondes et d'ouvrir des puits ou galeries, ni celui d'établir des machines ou magasins dans les enclos murés, cours ou jardins, ni dans les terrains attenant aux habitations ou clôtures murées, dans la distance de cent mètres desdites clôtures ou habitations.

Art. 12. Le propriétaire pourra faire des recherches, sans formalité préalable, dans les lieux réservés par le précédent article, comme dans les autres parties de sa propriété ; mais il sera obligé d'obtenir une concession avant d'y établir une exploitation. Dans aucun cas, les recherches ne pourront être autorisées dans un terrain déjà concédé.

SECTION II. — *De la préférence à accorder pour les concessions.*

Art. 13. Tout Français, ou tout étranger naturalisé ou non en France, agissant isolément ou en société, a le droit de demander et peut obtenir, s'il y a lieu, une concession de mines.

Art. 14. L'individu ou la société doit justifier des facultés nécessaires pour entreprendre et conduire les travaux, et des moyens de satisfaire aux redevances, indemnités, qui lui seront imposées par suite de concession.

Art. 15. Il doit aussi, le cas arrivant de travaux à

faire sous des maisons ou lieux d'habitations, sous d'autres exploitations ou dans leur voisinage immédiat, donner caution de payer toute indemnité, en cas d'accident; les demandes ou oppositions des intéressés seront, en ce cas, portées devant nos tribunaux et cours.

Art. 16. Le gouvernement juge des motifs ou considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs en concession, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres.

En cas que l'inventeur n'obtienne pas la concession d'une mine, il aura droit à une indemnité de la part du concessionnaire; elle sera réglée par l'acte de concession.

Art. 17. L'acte de concession, fait après l'accomplissement des formalités prescrites, purge, en faveur du concessionnaire, tous les droits des propriétaires de la surface et des inventeurs, ou de leurs ayants droit, chacun dans leur ordre, après qu'ils ont été entendus ou appelés légalement, ainsi qu'il sera ci-après réglé.

Art. 18. La valeur des droits résultant en faveur du propriétaire de la surface, en vertu de l'art. 6 de la présente loi, demeurera réunie à la valeur de ladite surface, et sera affectée avec elle aux hypothèques prises par les créanciers du propriétaire.

Art. 19. Du moment où une mine sera concédée, même au propriétaire de la surface, cette propriété sera distinguée de celle de la surface, et désormais considérée comme propriété nouvelle, sur laquelle de nouvelles hypothèques pourront être assises, sans préjudice de celles qui auraient été ou seraient prises sur la surface et la redevance, comme il est dit à l'article précédent.

Si la concession est faite au propriétaire de la surface, ladite redevance sera attribuée pour l'exécution dudit article.

Art. 20. Une mine concédée pourra être affectée, par privilége, en faveur de ceux qui, par acte public et sans fraude, justifieraient avoir fourni des fonds pour les recherches de la mine, ainsi que pour les travaux de construction ou confection des machines nécessaires à son exploitation, à la charge de se conformer aux articles 2103 et autres du Code civil, relatifs aux priviléges.

Art. 21. Les autres droits de privilége et d'hypothèque pourront être acquis sur la propriété de la mine, aux termes et en conformité du Code civil, comme sur les autres propriétés immobilières.

TITRE IV.

DES CONCESSIONS.

SECTION Ire. — *De l'obtention des concessions.*

Art. 22. La demande en concession sera faite par voie de simple pétition adressée au préfet, qui sera tenu de la faire enregistrer à sa date sur un registre particulier, et d'ordonner les publications et affiches dans les dix jours.

Art. 23. Les affiches auront lieu pendant quatre mois, dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement où la mine est située, dans le lieu du domicile du demandeur, et dans toutes les communes dans le territoire desquelles la concession peut s'étendre, elles seront insérées dans les journaux du département.

Art. 24. Les publications des demandes en concession de mines auront lieu devant la porte de la maison commune et des églises paroissiales et consistoriales, à la diligence des maires, à l'issue de l'office, un jour de dimanche, et au moins une fois par mois pendant la durée des affiches, les maires seront tenus de certifier ces publications.

Art. 25. Le secrétaire-général de la préfecture délivrera au requérant un extrait certifié de l'enregistrement de la demande en concession.

Art. 26. Les demandes en concurrence et les oppositions qui y seront formées seront admises devant le préfet jusqu'au dernier jour du quatrième mois, à compter de la date de l'affiche; elles seront notifiées par actes extrajudiciaires à la préfecture du département, où elles seront enregistrées sur le registre indiqué à l'article 22. Les oppositions seront notifiées aux parties intéressées, et le registre sera ouvert à tous ceux qui en demanderont communication.

Art. 27. A l'expiration du délai des affiches et publications, et sur la preuve de l'accomplissement des formalités portées aux articles précédents, dans le mois qui suivra au plus tard, le préfet du département, sur l'avis de l'ingénieur des mines, et après avoir pris des informations sur les droits et les facultés des demandeurs, donnera son avis, et le transmettra au ministre des travaux publics.

Art. 28. Il sera définitivement statué sur la demande en concession, par une ordonnance royale délibérée en conseil d'état.

Jusqu'à l'émission de cette ordonnance, toute opposition sera admissible devant le ministre des travaux publics ou le secrétaire général du conseil d'état; dans ce dernier cas, elle aura lieu par une requête signée et présentée par un avocat au conseil, comme il est pratiqué pour les affaires contentieuses; et, dans tous les cas, elle sera notifiée aux parties intéressées.

Si l'opposition est motivée sur la propriété de la mine acquise par concession ou autrement, les parties seront renvoyées devant les tribunaux et cours.

Art. 29. L'étendue de la concession sera déterminée par l'acte de concession : elle sera limitée par des points fixes, pris à la surface du sol, et passant par des plans verticaux menés de cette surface dans l'intérieur de la terre à une profondeur indéfinie; à moins que les circonstances et les localités nécessitent un autre mode de limitation.

Art. 30. Un plan régulier de la surface, en triple expédition, et sur une échelle de 10 millim. pour 100 mètres, sera annexé à la demande.

Ce plan devra être dressé ou vérifié par l'ingénieur des mines, et certifié par le préfet du département.

Art. 31. Plusieurs concessions pourront être réunies entre les mains du même concessionnaire, soit comme individu, soit comme représentant une compagnie, mais à la charge de tenir en activité l'exploitation de chaque concession.

SECTION II. — *Des obligations des propriétaires de mines.*

Art. 32. L'exploitation des mines n'est pas considérée comme un commerce et n'est pas sujette à patente.

Art. 33. Les propriétaires de mines sont tenus de payer à l'état une redevance fixe, et une redevance proportionnée au produit de l'extraction.

Art. 34. La redevance fixe sera annuelle, et réglée d'après l'étendue de la concession : elle sera de 10 fr. par kilomètre carré.

La redevance proportionnelle sera une contribution annuelle, à laquelle les mines seront assujetties sur leurs produits.

Art. 35. La redevance proportionnelle sera réglée chaque année, par le budget de l'état, comme les autres contributions publiques : toutefois elle ne pourra jamais s'élever au-dessus de 5 p. 100 du produit net. Il pourra être fait un abonnement pour ceux des propriétaires des mines qui le demanderont.

Art. 36. Il sera imposé en sus un décime par franc, lequel formera un fonds de non valeur, à la disposition du ministre des travaux publics, pour dégrèvement en faveur des propriétaires des mines qui éprouveront des pertes ou accidents.

Art. 37. La redevance proportionnelle sera imposée et perçue comme la contribution foncière.

Les réclamations à fin de dégrèvement ou de rappel à l'égalité proportionnelle seront jugées par les conseils de préfecture. Le dégrèvement sera de droit quand l'exploitant justifiera que sa redevance excède 5 p. 100 du produit net de son exploitation.

Art. 38. Le gouvernement accordera, s'il y a lieu, pour les exploitations qu'il en jugera susceptibles, et par un article de l'acte de concession ou par une ordonnance spéciale délibérée en conseil d'état pour les mines déjà concédées, la remise en tout ou partie du payement de la redevance proportionnelle, pour le temps qui sera jugé convenable; et ce, comme encouragement, en raison de la difficulté des travaux : semblable remise pourra être aussi accordée, comme dédommagement, en cas d'accident de force majeure qui surviendrait pendant l'exploitation.

. . . .

Art. 42. Le droit attribué par l'article 6 de la présente loi aux propriétaires de la surface, sera réglé à une somme déterminée par l'acte de concession.

Art. 43. Les propriétaires de mines sont tenus de payer les indemnités dues aux propriétaires de la surface sur le terrain duquel ils établiront leurs travaux.

Si les travaux entrepris par les explorateurs ou par les propriétaires de mines ne sont que passagers, et si le sol où ils ont été faits peut être remis en culture au bout d'un an comme il l'était auparavant, l'indemnité sera réglée au double de ce qu'aurait produit net le terrain endommagé.

Art. 44. Lorsque l'occupation des terrains pour la recherche ou les travaux des mines prive les propriétaires du sol de la jouissance du revenu au-delà du temps d'une année ou, lorsqu'après les travaux, les terrains ne sont plus propres à la culture, on peut exiger des propriétaires des mines l'acquisition des terrains à l'usage de l'exploitation. Si le propriétaire de la surface le requiert, les pièces de terre trop endommagées, ou dégradées sur une trop grande partie de leur surface, devront être achetées en totalité par le propriétaire de la mine.

L'évaluation du prix sera faite, quant au mode, suivant les règles établies par la loi du 16 septembre 1807, sur le dessèchement des marais, etc., titre XI; mais le terrain à acquérir sera toujours estimé au double de la valeur qu'il avait avant l'exploitation de la mine.

Art. 45. Lorsque, par l'effet du voisinage ou pour toute autre cause, les travaux d'exploitation d'une mine occasionnent des dommages à l'exploitation d'une autre mine, à raison des eaux qui pénètrent dans cette dernière en plus grande quantité; lorsque, d'un autre côté, ces mêmes travaux produisent un effet contraire et tendent à évacuer tout ou partie des eaux d'une autre mine, il y aura lieu à indemnité d'une mine en faveur de l'autre; le règlement s'en fera par experts.

Art. 46. Toutes les questions d'indemnités à payer par les propriétaires de mines, à raison des recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, seront décidées conformément à l'article 4 de la loi du 28 pluviôse an VIII.

TITRE V.

DE L'EXERCICE DE LA SURVEILLANCE SUR LES MINES PAR L'ADMINISTRATION.

Art. 47. Les ingénieurs des mines exerceront, sous les ordres du ministre des travaux publics et des préfets, une surveillance de police pour la conservation des édifices et la sûreté du sol.

Art. 48. Ils observeront la manière dont l'exploitation sera faite, soit pour éclairer les propriétaires sur ses inconvénients ou son amélioration, soit pour avertir l'administration des vices, abus ou dangers qui s'y trouveraient.

Art. 49. Si l'exploitation est restreinte ou suspendue de manière à inquiéter la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, les préfets, après avoir entendu les propriétaires, en rendront compte au ministre des travaux publics pour y être pourvu ainsi qu'il appartiendra.

Art. 50. Si l'exploitation compromet la sûreté publique, la conservation des puits, la solidité des travaux, la sûreté des ouvriers mineurs ou des habitations de la surface, il y sera pourvu par le préfet, ainsi qu'il est pratiqué en matière de grande voirie et selon les lois.

TITRE VI.

DES CONCESSIONS OU JOUISSANCES DES MINES, ANTÉRIEURES A LA PRÉSENTE LOI.

. . . .

TITRE VII.

RÈGLEMENTS SUR LA PROPRIÉTÉ ET L'EXPLOITATION DES MINIÈRES, ET SUR L'ÉTABLISSEMENT DES FORGES, FOURNEAUX ET USINES.

SECTION PREMIÈRE. — *Des minières.*

Art. 57. L'exploitation des minières est assujettie à des règles spéciales. Elle ne peut avoir lieu sans permission.

Art. 58. La permission détermine les limites de l'exploitation et les règles à observer sous les rapports de sûreté et de salubrité publiques.

SECTION II. — *De la propriété et de l'exploitation des minerais de fer d'alluvion.*

Art. 59. Le propriétaire du fonds sur lequel il y a du minerai de fer d'alluvion est tenu d'exploiter en quantité suffisante pour fournir, autant que faire se pourra, aux besoins des usines établies dans le voisinage avec autorisation légale : en ce cas, il ne sera assujetti qu'à en faire la déclaration au préfet du département; elle contiendra la désignation des lieux : le préfet donnera acte de cette déclaration, ce qui vaudra permission pour le propriétaire, et l'exploitation aura lieu par lui sans autre formalité.

Art. 60. Si le propriétaire n'exploite pas, les maîtres de forges auront la faculté d'exploiter à sa place, à la charge : 1° d'en prévenir le propriétaire, qui, dans un mois, à compter de la notification, pourra déclarer qu'il entend exploiter lui-même; 2° d'obtenir du préfet la permission, sur l'avis de l'ingénieur des mines, après avoir entendu le propriétaire.

Art. 61. Si, après l'expiration du délai d'un mois, le propriétaire ne déclare pas qu'il prétend exploiter, il sera censé renoncer à l'exploitation; le maître de forges pourra, après la permission obtenue, faire les fouilles immédiatement dans les terres incultes et en jachères, et, après la récolte, dans toutes les autres terres.

Art. 62. Lorsque le propriétaire n'exploitera pas en quantité suffisante, ou suspendra les travaux d'exploitation pendant plus d'un mois sans cause légitime, les maîtres de forges se pourvoiront auprès du préfet pour obtenir la permission d'exploiter à sa place.

Si le maître de forges laisse écouler un mois sans faire usage de cette permission, elle sera regardée comme non avenue, et le propriétaire du terrain rentrera dans tous ses droits.

Art. 63. Quand un maître de forges cessera d'exploiter un terrain, il sera tenu de le rendre propre à la culture, ou d'indemniser le propriétaire.

Art. 64. En cas de concurrence entre plusieurs maîtres de forges pour l'exploitation dans un même fonds, le préfet déterminera, sur l'avis de l'ingénieur des mines, les proportions dans lesquelles chacun d'eux pourra exploiter; sauf le recours au conseil d'état.

Le préfet règlera de même les proportions dans lesquelles chaque maître de forges aura droit à l'achat du minerai, s'il est exploité par le propriétaire.

Art. 65. Lorsque les propriétaires feront l'extraction du minerai pour le vendre aux maîtres de forges, le prix en sera réglé entre eux de gré à gré, ou par des experts choisis ou nommés d'office, qui auront égard à la situation des lieux, aux frais d'extraction et aux dégâts qu'elle aura occasionnés.

Art. 66. Lorsque les maîtres de forges auront fait extraire le minerai, il sera dû au propriétaire du fonds, et avant l'enlèvement du minerai, une indemnité qui sera réglée par experts, lesquels auront égard à la situation des lieux, aux dommages causés, à la valeur du minerai, distraction faite des frais d'exploitation.

Art. 67. Si les minerais se trouvent dans les forêts royales, dans celles des établissements publics ou des communes, la permission de les exploiter ne pourra être accordée qu'après avoir entendu l'administration forestière. L'acte de permission déterminera l'étendue des terrains dans lesquels les fouilles pourront être faites : ils seront tenus, en outre, de payer les dégâts occasionnés par l'exploitation, et de repiquer en glands ou plants les places qu'elle aurait endommagées, ou une autre étendue proportionnelle déterminée par la permission.

Art. 68. Les propriétaires ou maîtres de forges ou d'usines, en exploitant les minerais de fer d'alluvion ne pourront, dans cette exploitation, pousser des travaux réguliers par des galeries souterraines, sans avoir obtenu une concession, avec les formalités et sous les conditions exigées par les articles de la section 1re du titre III, et les dispositions du titre IV.

Art. 69. Il ne pourra être accordé aucune concession pour minerai d'alluvion ou pour des mines en filons ou couches, que dans les cas suivants :

1° Si l'exploitation à ciel ouvert cesse d'être possible, et si l'établissement de puits, galeries et travaux d'art est nécessaire ;

2° Si l'exploitation, quoique possible encore, doit durer peu d'années, et rendre ensuite impossible l'exploitation par puits et galeries.

Art. 70. En cas de concession, le concessionnaire sera toujours tenu : 1° de fournir aux usines qui s'approvisionneraient de minerai sur les lieux compris en la concession, la quantité nécessaire à leur exploitation, au prix qui sera porté au cahier des charges, ou qui sera fixé par l'administration ; 2° d'indemniser les propriétaires au profit desquels l'exploitation avait lieu, dans la proportion du revenu qu'ils en tiraient.

SECTION III. — *Des terres pyriteuses et alumineuses.*

Art. 71. L'exploitation des terres pyriteuses et alumineuses sera assujettie aux formalités prescrites par les articles 57 et 58, soit qu'elle ait lieu par les propriétaires des fonds, soit par d'autres individus qui, à défaut par ceux-ci d'exploiter, en auraient obtenu la permission.

Art. 72. Si l'exploitation a lieu par des non-propriétaires, ils seront assujettis, en faveur des propriétaires, à une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou par experts.

SECTION IV. — *Des permissions pour l'établissement des fourneaux, forges et usines.*

Art. 73. Les fourneaux à fondre les minerais de fer et autres substances métalliques, les forges et martinets pour ouvrer le fer et le cuivre, les usines servant de patouillets et bocards, celles pour le traitement des substances salines et pyriteuses, dans lesquelles on consomme des combustibles, ne pourront être établis que sur une permission accordée par un règlement d'administration publique.

Art. 74. La demande en permission sera adressée au préfet, enregistrée le jour de la remise sur un registre spécial à ce destiné, et affichée pendant quatre mois dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement projeté, et dans le lieu du domicile du demandeur.

Le préfet, dans le délai d'un mois, donnera son avis tant sur la demande que sur les oppositions et les demandes en préférence qui seraient survenues ; l'administration des mines donnera le sien sur la quantité du minerai à traiter ; l'administration des forêts, sur l'établissement des bouches à feu, en ce qui concerne les bois ; et l'administration des ponts et chaussées, sur ce qui concerne les cours d'eau navigables et flottables.

Art. 75. Les impétrants des permissions pour les usines supporteront une taxe une fois payée, laquelle ne pourra être au-dessous de 50 fr., ni excéder 300 fr.

SECTION. V. — *Dispositions générales sur les permissions.*

Art. 76. Les permissions seront données à la charge d'en faire usage dans le délai déterminé ; elles auront une durée indéfinie, à moins qu'elles n'en contiennent la limitation.

Art. 77. En cas de contravention, le procès-verbal dressé par les autorités compétentes sera remis au procureur du roi, lequel poursuivra la révocation de la permission, s'il y a lieu, et l'application des lois pénales qui y sont relatives. . . . .

Art. 79. L'acte de permission d'établir des usines à traiter le fer, autorise les impétrants à faire des fouilles même hors de leurs propriétés, et à exploiter les minerais par eux découverts, ou ceux antérieurement connus, à la charge de se conformer aux dispositions de la section II.

Art. 80. Les impétrants sont aussi autorisés à établir des patouillets, lavoirs et chemins de charroi, sur les terrains qui ne leur appartiennent pas, mais sous les restrictions portées en l'article 11 ; le tout à charge d'indemnité envers les propriétaires du sol.

TITRE VIII.

SECTION I. — *Des carrières.*

Art. 81. L'exploitation des carrières à ciel ouvert a lieu sans permission, sous la simple surveillance de la police, et avec l'observation des lois ou règlements généraux et locaux.

Art. 82. Quand l'exploitation a lieu par galeries souterraines, elle est soumise à la surveillance de l'administration, comme il est dit au titre V.

SECTION II. — *Des tourbières.*

Art. 83. Les tourbes ne peuvent être exploitées que par le propriétaire du terrain, ou de son consentement.

Art. 84. Tout propriétaire qui voudra exploiter des tourbes dans son terrain ne pourra le faire, à peine de 100 francs d'amende, sans en avoir préalablement fait la déclaration à la sous-préfecture et obtenu l'autorisation.

Art. 85. Un règlement d'administration publique déterminera la direction générale des travaux d'extraction dans le terrain où sont situées les tourbes, celle des rigoles de dessèchement, enfin toutes les mesures propres à faciliter l'écoulement des eaux dans les vallées, et l'atterrissement des entailles tourbées.

Art. 86. Les propriétaires exploitants, soit particuliers, soit communautés d'habitants, soit établissements publics, sont tenus de s'y conformer à peine d'être contraints à cesser leurs travaux.

TITRE IX.

DES EXPERTISES.

Art. 87. Dans tous les cas prévus par la présente loi et autres naissant des circonstances, où il y aura lieu à expertise, les dispositions du titre XIV du Code de procédure civile, articles 303 à 323, seront exécutées.

Art. 88. Les experts seront pris parmi les ingénieurs des mines, ou parmi les hommes notables et expérimentés dans le fait des mines et de leurs travaux.

Art. 89. Le procureur du Roi sera toujours entendu, et donnera ses conclusions sur le rapport des experts.

Art. 90. Nul plan ne sera admis comme pièce probante dans une contestation, s'il n'a été levé ou vérifié par un ingénieur des mines. La vérification des plans sera toujours gratuite.

Art. 91. Les frais et vacations des experts seront réglés et arrêtés, selon les cas, par les tribunaux; il en sera de même des honoraires qui pourront appartenir aux ingénieurs des mines; le tout suivant le tarif qui sera fait par un règlement d'administration publique.

Toutefois, il n'y aura pas lieu à honoraires pour les ingénieurs des mines, lorsque leurs opérations auront été faites soit dans l'intérêt de l'administration, soit à raison de la surveillance et de la police publiques.

Art. 92. La consignation des sommes jugées nécessaires pour subvenir aux frais d'expertise pourra être ordonnée par le tribunal contre celui qui poursuivra l'expertise.

TITRE X.

DE LA POLICE ET DE LA JURIDICTION RELATIVES AUX MINES.

Art. 93. Les contraventions des propriétaires de mines exploitants non encore concessionnaires, ou autres personnes, aux lois et règlements, seront dénoncées et constatées comme les contraventions en matière de voirie et de police.

Art. 94. Les procès-verbaux contre les contrevenants seront dressés dans les formes et délais prescrits par les lois.

Art. 95. Ils seront adressés en originaux aux procureurs du Roi, qui seront tenus de poursuivre d'office les contrevenants devant les tribunaux de police correctionnelle, ainsi qu'il est réglé et usité pour les délits forestiers, et sans préjudice des dommages-intérêts des parties.

Art. 96. Les peines seront d'une amende de 500 fr. au plus, et de 100 francs au moins, double en cas de récidive, et d'une détention qui ne pourra excéder la durée fixée par le Code de police correctionnelle.

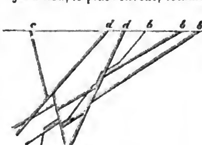
La loi du 21 avril 1810 a été complétée par la *loi du 27 avril 1838, relative à l'assèchement et à l'exploitation des mines*, qui, lorsque plusieurs mines situées dans des concessions différentes se trouvent atteintes ou menacées d'une inondation commune qui serait de nature à compromettre leur existence, la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, donne au gouvernement le pouvoir d'obliger les concessionnaires de ces mines à exécuter, en commun et à leurs frais, les travaux nécessaires soit pour assécher tout ou partie des mines inondées, soit pour arrêter les progrès de l'inondation. Comme cette loi n'a qu'un intérêt tout à fait spécial, nous croyons pouvoir nous dispenser d'en reproduire ici le texte.

MINES (*exploitation des*). Dans l'article GÉOLOGIE nous avons déjà décrit d'une manière sommaire la composition de l'écorce du globe. Les minerais métalliques ou autres s'y trouvent en couches, filons, veines, amas, etc., ordinairement associés avec des matières inutiles ou stériles qui portent le nom de gangue.

Les *couches* sont des assises parallèles aux plans de stratification des terrains dans lesquels elles se trouvent et d'une grande régularité; on donne le nom de *bancs* aux couches épaisses de pierres de taille, d'ardoises ou autres matériaux employés dans les constructions. On distingue dans une couche sa *direction*, ou plutôt celle d'une ligne horizontale qui serait tracée dans cette couche, direction déterminée par l'angle que cette ligne forme avec le plan méridien du lieu, et son *inclinaison* sur l'horizon. La *puissance* d'une couche est son épaisseur mesurée par la plus courte distance entre les faces supérieure et inférieure, ou entre son *toit* et son *mur*. L'*affleurement* d'une couche est la ligne suivant laquelle elle est mise à nu sur le sol. Nous avons parlé à l'article HOUILLE des divers accidents que présente l'allure des couches, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Les *filons* n'ont pas la régularité des couches, et en diffèrent en ce qu'ils coupent généralement les plans de stratification des terrains qu'ils traversent, et en ce que leur composition, loin d'offrir un ensemble assez homogène, présente un mélange de matières très diverses, souvent disposées symétriquement par zônes de part et d'autre d'un plan parallèle aux deux parois encaissantes. Quelquefois cependant les filons sont parallèles aux plans de stratification, et prennent le nom de *filons-couches* ou de *veines*. On distingue dans un filon, comme dans une couche, la direction, l'inclinaison, la puissance, le toit, le mur et l'affleurement. Le toit et le mur sont aussi dits les *épontes* du filon. Très fréquemment les filons sont séparés de leurs épontes par des lits d'argile ou *salbandes* qui facilitent l'abattage de la roche.

Les filons font ordinairement éprouver aux couches qu'ils traversent un rejet, dont nous avons indiqué la loi à l'article HOUILLE. Ils sont sujets, comme les couches, et même davantage, à des inflexions, des étranglements et des brouillages. Ils sont également susceptibles d'être rejetés par d'autres filons plus modernes, qui se continuent alors sans interruption, et qui portent le nom de *filons croiseurs*: ce sont des failles ou des dykes quand ils sont remplis de matières stériles. Le rejet a lieu, le plus souvent, comme s'il était le résultat du glissement en masse de la région du toit sur la région du mur du croiseur. La figure 1814 donne l'exemple de trois systèmes de filons du Cornouailles: *d*, *d*, filons cuivreux, les plus récents, rejettent les deux autres systèmes de filons *c* et *b*, *b*; *c*, filon d'étain, croisé par les filons *d*, *d*, et croiseur à son tour par rapport aux filons d'étain plus anciens *b*, *b*. Très souvent les amincissements et les brouillages correspondent, ainsi que la richesse en minerai, avec le passage du filon d'un banc de roche dans un autre.



1814.

Il est rare qu'il existe un seul filon métallifère dans un même pays; ordinairement on y rencontre plusieurs autres filons contenant des minerais de même nature, et dans ce cas les directions et les inclinaisons de tous ces filons sont à peu près parallèles, de sorte que l'on est conduit à les regarder comme formant un ensemble ou *système de filons*. Certaines contrées sont ainsi sillonnées par deux ou plusieurs systèmes de filons. L'on remarque alors que les filons des divers systèmes, qui se distinguent par leurs directions, diffèrent aussi généralement par la nature des substances qu'ils contiennent. Enfin tous les filons d'un même système croisent tous les filons d'un autre système ou sont croisés par eux.

Les *amas* sont des masses minérales de forme irrégulière qui se rencontrent, soit dans les terrains en couches, soit dans les terrains non stratifiés. On distingue: les *amas entrelacés* ou *stockwerks*, qui consistent en masses de roches pénétrées d'un grand nombre de veinules de minerais métalliques, se croisant dans tous les sens; les *amas couchés*, ou masses intercalées dans les terrains stratifiés, et qui ne diffèrent des couches que par leur étendue bornée; et les *amas droits*, qui parais-

sent être des filons très épais, ou des renflements de filons, et qui existent généralement à la séparation de deux terrains, dont l'un est stratifié et dont l'autre ne l'est pas.

Enfin les *mines en sac* sont des amas de minerais remplissant des cavités superficielles ou des crevasses, qui se rencontrent principalement dans les terrains calcaires.

Nous terminerons cet exposé préliminaire par quelques mots sur le mode habituel de gisement des principales substances minérales.

On rencontre en couches les divers matériaux de construction, le gypse, le sel gemme, les combustibles minéraux, le fer carbonaté lithoïde, les fers oxydé rouge et oxydé hydraté, surtout à l'état oolithique ou en grains, les schistes cuivreux du Mansfeld, et quelquefois la galène ou sulfure de plomb, et le mercure sulfuré.

La plupart des minerais métalliques se rencontrent sous la forme de filons ou d'amas; les minerais de cuivre, de plomb, d'argent, sont surtout en filons. Les minerais de fer, de zinc, le sel gemme et le gypse, se rencontrent souvent en filons-couches ou en amas couchés. L'oxyde d'étain est presque toujours en amas entrelacés. La plupart des minerais de fer en grains du centre de la France forment des *mines en sac*. Enfin on trouve de l'or, des minerais de platine, de l'oxyde d'étain, disséminés dans des sables superficiels, ou dans des couches de sable et de gravier situées à une faible profondeur, et dont on les sépare par le lavage. Les diamants et la plupart des pierres précieuses se trouvent également disséminés dans des sables superficiels.

Recherche des mines.

Il n'y a guère que le terrain houiller proprement dit dans lequel les gîtes de combustibles soient assez fréquents pour y faire des recherches suivies. Ces recherches se font alors le plus ordinairement au moyen de trous de sondes (voyez HOUILLE et SONDAGE). On se sert de petites sondes, de formes appropriées à la nature du terrain et des substances que l'on recherche, pour reconnaître la présence de bancs de tourbe, leur épaisseur et leur qualité, ainsi que l'existence de minerais de fer à une faible profondeur. On emploie encore fréquemment la sonde dans l'intérieur des mines, soit au fond des puits, pour explorer le terrain inférieur; soit dans une direction horizontale ou inclinée, tantôt pour établir des communications qui servent à l'aérage, tantôt pour reconnaître le terrain dans lequel on s'avance et s'assurer contre les amas d'eau, ou de gaz nuisibles, qui pourraient être renfermés dans de vieux travaux dont l'existence est inconnue, ou même dans des cavités naturelles.

Les recherches de mines dans un pays qui en renferme déjà se font surtout au moyen de travaux souterrains, se rattachant aux travaux déjà existants, de galeries poussées dans une direction normale à la direction des filons connus, et qui devront couper les filons inconnus de même nature, ordinairement parallèles, s'il en existe.

Le plus souvent la découverte des mines est due à celle des affleurements du gîte, de fragments accidentellement détachés de ces affleurements, dont l'examen joint à la configuration du sol environnant peut conduire à la découverte de ces affleurements, ou enfin aux émanations du gîte qui arrivent à la surface par les fissures des terrains supérieurs; c'est ainsi, par exemple, que les sources d'eau salée sont habituellement un indice de l'existence de bancs de sel gemme dans le voisinage.

Quand on est parvenu à remonter à un point de l'affleurement du gîte, on cherche, en faisant, s'il est nécessaire, de petites tranchées, à reconnaître cet affleurement sur la plus grande longueur possible, à s'assurer si le gîte est une couche, un filon ou un amas. En outre, on exécutera quelques petites galeries suivant la pente, et perpendiculairement à sa direction pour déterminer son inclinaison, et reconnaître si c'est une couche ou un filon. Si les premières fouilles donnent lieu de croire que l'on a affaire à un amas, on concentre les travaux d'exploration en un même point, après avoir cherché à reconnaître les limites du gîte.

Généralement, un gîte ne présente pas sur ses affleurements les mêmes caractères que dans sa profondeur, ce qui tient à l'action exercée à la longue par les agents atmosphériques. Les affleurements de la plupart des filons et gîtes métallifères, sont composés d'un mélange de quarz et d'hydrate d'oxyde de fer.

Si les premières fouilles entreprises sur les affleurements donnent lieu de penser que le gîte peut être exploité avec avantage, il est essentiel de s'attacher, dès le principe, avant d'entreprendre des travaux plus dispendieux, et pour être à même de déterminer le mode d'exploitation le plus convenable, à bien reconnaître sa forme et son allure. Cette exploitation se fait en combinant une ou deux galeries horizontales exécutées sur le mur même du gîte, avec des galeries montantes ou descendantes sur le mur, suivant la ligne de la plus grande pente, et quelques galeries transversales et horizontales, allant du mur, sur lequel on est appuyé, au toit, dans le cas où le gîte a une puissance supérieure à celle des galeries.

Lorsque les affleurements d'un filon ont lieu sur une montagne, on explore souvent le gîte au moyen de galeries horizontales à travers bancs pratiquées sur les flancs de la montagne, et normalement à la direction du filon.

Les couches et filons sont souvent rejetés par des failles ou filons croiseurs; lorsque l'on se trouve dans un terrain stratifié, l'examen des couches que l'on retrouve de l'autre côté du filon croiseur, suffit souvent pour indiquer le sens et l'étendue du rejet, et, par conséquent, pour indiquer les moyens de retrouver le gîte. Dans le cas contraire, on détermine le sens du rejet, mais non son étendue par la règle que nous avons déjà énoncée, et qui consiste en ce que généralement le rejet a été produit par le glissement du toit sur le mur du filon croiseur, suivant la ligne d'inclinaison de ce dernier.

Lorsqu'un gîte interrompu par un filon croiseur a été une fois retrouvé, on retrouvera aisément ce même gîte, s'il vient à être interrompu par le même croiseur à des niveaux différents, car le sens et l'étendue du rejet seront les mêmes; il sera également facile de déterminer, par une épure, le sens et l'étendue du rejet que ce même croiseur fera éprouver à d'autres gîtes connus, parallèles ou non au premier.

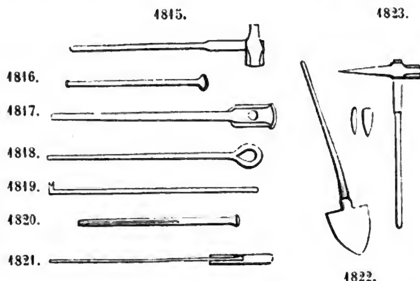
Les travaux de recherches les plus délicats sont ordinairement ceux qui ont pour but la reprise d'anciennes mines métalliques abandonnées depuis longtemps, d'autant plus qu'il est presque toujours extrêmement difficile de se procurer des documents précis sur les causes qui ont amené l'abandon de ces mines. Cet abandon peut avoir été déterminé par plusieurs causes, dont les principales sont l'appauvrissement du gîte dans la profondeur, ou l'impossibilité d'extraire les eaux, avec une économie suffisante, par les moyens mécaniques connus à l'époque de l'abandon. Lorsque l'abandon est dû à l'appauvrissement du gîte, il n'y a jamais lieu à reprendre les travaux, malgré les progrès de l'exploitation des mines et de la métallurgie, qui sont au moins compensés par l'augmentation du prix de la main-d'œuvre et la diminution énorme qu'a subie la valeur des métaux depuis quelques siècles; dans le cas même où les documents authentiques, ou recherches faites avec soin sur les lieux, indiqueraient que l'abandon est dû à l'envahissement des eaux, il n'y a pas lieu à rentrer dans les anciens travaux, où le gîte est toujours à peu près complétement exploité, et il faut immédiatement diriger les travaux de recherches de manière à atteindre la partie encore in-

tacte du gîte, au-dessous des anciens travaux, en s'aidant de puissantes machines d'épuisement.

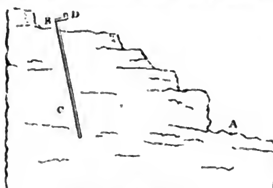
Abattage des roches.

Les outils du mineur varient suivant la nature des roches qu'il s'agit d'entailler. Dans les terrains tendres ou meubles on emploie le pic et la pioche, de même que pour l'abattage de la houille. Avant le dix-septième siècle, on se servait presque exclusivement pour l'abattage des roches dures de la pointerole (fig. 1823), sorte de coin fixé sur un manche très court qui sert à le guider, et sur la tête duquel on frappe avec un marteau : maintenant on ne s'en sert guère que comme accessoire, pour abattre les parties déjà fendillées par les coups de mines, etc.

Pour faire sauter les roches à la poudre on perce dans la roche un trou cylindrique, à l'aide d'un petit trépan en fer aciéré, dit *fleuret* (fig. 1816 et 1817), que l'on fait tourner en frappant à chaque fois sur la tête avec un marteau (fig. 1815); lorsque le trou est incliné vers le bas (fig. 1824), et que la roche est sèche, on y jette de temps en temps un peu d'eau, pour empêcher l'outil de se détremper; on enlève de temps à autre les



boues avec une curette en fer (fig. 1819). Quelquefois on emploie deux hommes pour percer un seul trou de



1824.

mine, mais dans la plupart des cas, le travail se fait par un seul homme; les trous de mine ont alors généralement de 0m,40 à 0m,60 de largeur sur 0m,015 à 0m,020 de profondeur au fond. Après avoir nettoyé le trou, on le remplit au tiers environ de poudre que l'on enveloppe préalablement dans du papier, quand la roche est sèche, ou dans une enveloppe goudronnée quand elle est humide, on pousse la cartouche au fond avec le bourroir (fig. 1820) qui est une tige ronde en fer, portant sur le côté une cannelure qui sert au passage de l'épinglette (fig. 1818), aiguille en fer ou en cuivre que l'on enfonce jusqu'au milieu de la cartouche et qui sert à réserver le canal pour l'amorce. On tasse ensuite avec le bourroir, sur la cartouche, et jusqu'à l'orifice du trou, de l'argile lavée, en ayant soin de faire tourner de temps à autre l'épinglette sur elle-même pour pouvoir ensuite l'arracher plus facilement, ce qui se fait en passant le bourroir dans l'anneau de la tête, et tirant dessus. L'amorçage se fait le plus ordinairement au moyen d'un tuyau de paille coupé par un bout au-dessous d'un nœud, fendu dans sa longueur et rempli de poudre fine, que l'on introduit dans le canal laissé par l'épinglette et auquel l'on attache une mèche soufrée, qui permet de se retirer et de se mettre à l'abri des effets de l'explosion, pendant le temps que le feu met à se propager d'une extrémité à l'autre de la mèche.

Pour éviter les chances d'accident, il convient d'employer pour le bourrage des trous de l'argile lavée, bien exempte de quarz, et de se servir d'épinglettes et de bourroirs en tout ou en partie en cuivre.

Depuis quelques années on se sert avec beaucoup d'avantages, pour amorcer, d'étoupilles de Bickford, qui consistent en une corde, goudronnée ou non, dans l'axe de laquelle on introduit, lors de la fabrication, du pulvérin ou poudre finement broyée. Après avoir coupé ces étoupilles de longueur, on en enfonce une extrémité dans la charge de poudre, qui est enfermée dans une enveloppe de papier fort ou de toile goudronnée (fig. 1821), suivant que le trou est sec ou humide ; l'étoupille étant enfoncée de quelques centimètres dans la poudre, est attachée à la cartouche avec une petite ficelle, ou de toute autre manière ; on l'applique ensuite sur les bords du trou, où elle tient la place de l'épinglette qui devient inutile ; l'étoupille brûle avec une grande lenteur (la combustion se propage avec une vitesse de 0m,60 au plus par minute), ce qui laisse à l'ouvrier le temps de se retirer et de se mettre à l'abri. L'emploi des étoupilles goudronnées de Bickford est le procédé le plus convenable pour faire sauter les roches aquifères, ou situées sous l'eau.

Il devient impossible d'employer la poudre pour attaquer certaines roches compactes, telles que le quarz et les pyrites de fer, même cuivreuses, en masse, comme c'est le cas dans quelques mines de Hongrie et dans la mine de cuivre de Rammelsberg au Hartz. Dans ce cas, on désagrége la roche par l'action du feu et on la détache ensuite à l'aide du pic quand elle ne tombe pas par son propre poids. A cet effet on place contre le front de la galerie ou de la taille à attaquer un bûcher disposé de telle sorte que la flamme vienne lécher la masse de roche ou de minerai à torréfier ; on détruit ainsi la cohésion de la roche par une calcination qui altère tantôt l'agrégation moléculaire, comme pour le quarz, et qui tantôt altère en outre la composition de la roche, comme pour les pyrites.

Des exploitations à ciel ouvert.

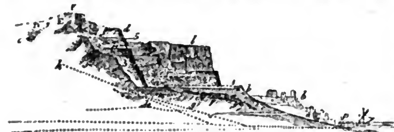
Lorsque les gîtes à exploiter sont situés à une faible profondeur, on les exploite le plus souvent à ciel ouvert en déblayant les terrains supérieurs au gîte. Ce déblaiement s'exécute suivant les distances auxquelles on doit transporter les terres, à la brouette, au tombereau, ou à l'aide de wagons roulant sur chemins de fer.

Les dépôts de tourbes, beaucoup de carrières de pierres, les dépôts de minerais d'étain d'alluvion, beaucoup

de minerais de fer et même quelques portions de couches de houille puissantes sont exploitées à ciel ouvert. Nous avons déjà décrit une partie de ces exploitations aux mots ARDOISE, HOUILLE et TOURBE; nous compléterons ce que nous avons à dire à ce sujet par quelques exemples d'exploitation à ciel ouvert de mines de fer et de mines d'étain d'alluvion.

Les minerais de fer en grains se trouvent souvent à une faible profondeur au-dessous de la surface du sol; on les exploite alors à ciel ouvert; pour cela on enlève d'abord les terres superficielles que l'on transporte dans une excavation voisine, puis l'on extrait le minerai en donnant aux parois de l'excavation la forme de banquettes ou gradins pour prévenir les éboulements; on n'emploie que la pelle et la pioche pour ce travail.

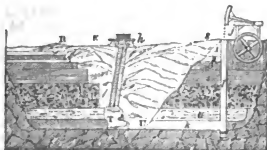
La fig. 1825 donne une idée des fameuses mines de fer oligiste de l'île d'Elbe qui sont également exploitées à ciel ouvert; les trois principaux ateliers actuels d'exploitation sont : *Pietamonte* D, *Sanguinaccio* E et *Anterma* F, c, c, sont les haldes ou tas de déblais qui en proviennent; le minerai est transporté par les routes 1,



1825.

2, 3, 4, 5, 6 et 7, sur les bords de la mer, et ensuite chargé sur les vaisseaux au moyen de l'embarcadère p.

Les mines d'étain d'alluvion les plus importantes du Cornouailles, sont situées dans une vallée qui débouche au port de Pentowau, près de Saint-Austle; la fig. 1826 donne la coupe de l'atelier d'exploitation, dit *happy union*, aux mines de Pentowan. Le fond de la vallée E renferme des couches d'alluvion 1, 2, 3, 4, 5 et 6, formées principalement de sable et d'argile, et qui reposent sur le schiste argileux ou la granwacke A; les parties



1826.

inférieures de ce dépôt T renferment des galets d'étain oxydé pur, et d'autres galets de l'étain oxydé disséminé. L'excavation R T U S est taillée sur trois côtés en gradins de $0^m,50$ à $0^m,60$; le quatrième côté U S est formé par le talus naturel des déblais. L'eau qui découle le long des parois de l'excavation se rend par une galerie *k* ménagée dans les déblais, dans le puisard *m*, d'où on l'extrait au moyen de pompes placées dans le puits *l*, et mises en jeu par une roue à augets. On a toujours soin de conduire l'exploitation de manière à remonter la vallée, et en prolongeant au fur et à mesure la galerie *k*. L'extraction du minerai se fait au moyen d'un plan incliné à 43° environ *i*, et d'un manége ou barytel à chevaux *h*.

Excavations souterraines.

On donne le nom de *puits* ou *galeries*, selon que leur axe se rapproche davantage du plan vertical ou horizontal, aux excavations souterraines qui n'ont pour but que de rejoindre un gîte, et de le mettre en communication, soit avec le jour, soit avec des travaux préexistants. Les excavations, qui ont pour but l'exploitation même du gîte, portent le nom de *tailles*, *chantiers* ou *chambres* d'exploitation, suivant leurs dimensions.

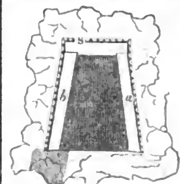
Galeries. On donne généralement aux galeries de 1 à 2^m de largeur sur $1^m,50$ à 3^m de hauteur, et autant que possible, on les fait horizontales ou on les commence par le point le plus bas, afin de n'avoir point à pourvoir à l'épuisement des eaux. Lorsqu'une galerie doit servir à la fois à l'écoulement des eaux et au roulage des minerais, et que les eaux sont assez abondantes pour couvrir le sol sur une épaisseur de plusieurs centimètres, on la divise en deux parties par un plancher horizontal sur lequel est établie la voie de roulage et au-dessous duquel coulent les eaux; ce plancher est ordinairement à $0^m,30$ ou $0^m,40$ au-dessus du fond. Dans les galeries de mines ordinaires, on ne peut mettre qu'un ou deux ouvriers sur le front de la galerie, de sorte que l'excavation avance très lentement.

Lorsqu'il s'agit de pratiquer des galeries à grandes sections, comme les tunnels de chemins de fer et de canaux, on s'y prend autrement. On attaque à la fois le tunnel en plusieurs points au moyen de puits; on creuse à la fois une petite galerie à la base du tunnel, dans laquelle on établit un chemin de fer qui sert au transport des déblais, et une autre galerie au cerveau; puis on enlève le reste du terrain, suivant la section que l'on veut avoir en soutenant les terres, s'il est nécessaire, par un boisage provisoire et muraillant par derrière.

Le prix de l'abattage du mètre cube de roche en place, dans une galerie de faible section, varie ordinairement de 10 à 25 francs; dans les galeries à grande section, il est de 7 à 15 francs.

Lorsque les parois des galeries ont besoin d'être soutenues, on les revêt d'un boisage ou d'un muraillement, suivant la durée pendant laquelle elles doivent rester ouvertes; ainsi on muraillera toujours les principales galeries d'écoulement et de roulage.

Le *boisage* d'une galerie consiste le plus habituellement en une série de *cadres*, formés chacun de trois pièces de bois (fig. 1827), deux *montants a*, *b*, appliqués contre les parois latérales, et un *chapeau* S appliqué contre le faîte et reposant sur les extrémités supérieures des deux montants. La distance de deux cadres consécutifs varie avec la poussée du terrain. Quand elle est considérable, les cadres sont contigus, ou au moins on soutient le terrain par des *bois de garnissage* (planches, rondins ou demi-rondins), contigus ou non, appliqués contre le terrain en arrière des cadres et appuyés sur ceux-ci. Les pieds des montants reposent dans des entailles pratiquées dans le sol.



1827.

Lorsque le sol de la galerie manque de consistance, on prévient le soulèvement du sol de la galerie et le rapprochement des pieds des montants, en faisant por-

ter ceux-ci sur une *semelle* en bois posée transversalement sur le sol, et posant en dessous, s'il est nécessaire, des bois de garnissage, comme on le fait sur les autres faces.

Lorsqu'on exécute des galeries dans les filons ou dans les couches, il est fort rare que les parois soient également ébouleuses. Dans certains cas, le faîte seul est ébouleux et a besoin d'être soutenu, tandis que les parois latérales et le sol sont solides ; dans d'autres cas, dans la plupart des filons ou des couches fortement inclinées, il faut soutenir à la fois le faîte de la galerie et le toit du gîte. On boise alors la galerie avec des cadres incomplets ou portions de cadres. Les fig. 1828 et 1829 donnent le plan et la coupe d'un boisage de ce dernier genre, composé de demi-cadres, avec bois de garnissage continus, dans une galerie ménagée dans un filon fortement incliné, au-dessous d'une taille remblayée.

La durée des bois, dans les galeries des mines, est très variable. Dans un air chaud et vicié, ils sont rapidement détruits. Le *robinia pseudo-acacia* paraît être l'essence qui résiste le mieux dans ces circonstances. Il paraît qu'on parvient à prolonger la durée des bois, en les tenant constamment humectés. Il est certain que les procédés de M. Boucherie, pour la CONSERVATION DES BOIS, pourraient être appliqués avec beaucoup d'avantages, dans les mines, pour le boisage des galeries et des puits.

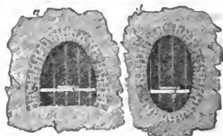
1828.

1829.

Quand le terrain est extrêmement mauvais et tout à fait coulant, il faut protéger le fond de la galerie par une sorte de bouclier à plusieurs compartiments, que l'on fait avancer au fur et à mesure, en ayant soin de retenir latéralement les terres au moyen de planches jointives ou palplanches passées derrière le dernier cadre et enfoncées, en divergeant un peu, au-delà du bouclier.

En général, quand une galerie doit durer plus de dix à douze ans, il est plus économique de la murailler. Le muraillement est d'ailleurs indispensable : dans les galeries ouvertes dans un terrain tout à fait meuble, ou dans des terrains très aquifères ; dans les tunnels de chemins de fer et de canaux ; et enfin, dans les excavations souterraines où l'on place des foyers d'aérage ou des chaudières de machines à vapeur, parce que les boisages seraient exposés à prendre feu.

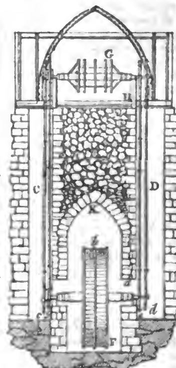
Dans beaucoup de circonstances un muraillement en pierres sèches suffit. Dans les terrains où le sol est solide, et lorsqu'il est nécessaire de soutenir à la fois le faîte et les deux parois d'une galerie, le muraillement consiste presque toujours en une voûte *b* (fig. 1830), demi-circulaire ou en plein cintre, reposant sur deux murs verticaux ou légèrement cintrés, dont les fondations pénètrent à une faible profondeur dans le sol de la galerie. Lorsque le sol de la galerie est mauvais, on le maintient par un radier en forme de voûte renversée, ou



1830. 1831.

bien on donne à la galerie la forme d'une voûte elliptique entièrement fermée (fig. 1831), dont le grand axe est vertical et le petit axe horizontal.

Il arrive souvent dans l'exploitation des filons très inclinés, qu'il suffit, pour maintenir la galerie ouverte, de construire au faîte une simple voûte en plein cintre ou en échelons. On remplace quelquefois le muraillement complet par des arceaux jetés de distance en distance, ou par des chaînes de pierres équidistantes, dont les intervalles sont remplis par un léger revêtement en briques. Les excavations très élevées, celles par exemple qui doivent contenir des roues hydrauliques prises en dessus d'un grand diamètre (figure 1832), sont voûtées en ogives.



1832.

Lorsque deux galeries muraillées en berceau se rencontrent ou se croisent, les raccordements se font habituellement d'une manière très simple, en surhaussant la voûte en berceau de l'une des galeries au point de croisement, de façon à ce que la voûte de l'autre galerie ne rencontre qu'un mur plan.

Puits. Le foncement des puits dans les roches dures et non ébouleuses se fait à la poudre. On commence par le centre du puits pour établir une cavité dans laquelle les eaux se réunissent ; on abat ensuite la roche en se rapprochant des parois, au moyen de trous de mines inclinés à l'horizon. L'eau et les déblais sont d'abord extraits par un treuil à manivelle, puis par une machine à molettes. Lorsque les eaux sont peu considérables, on les dirige, par des planches inclinées et formant hélice sur les parois du puits, dans des réservoirs pratiqués dans le roc non fissuré, immédiatement au-dessous des sources, et on les en retire, soit au moyen de tonnes, soit avec une pompe. Lorsque la quantité d'eau est considérable, lorsqu'on rencontre un banc très aquifère ou *niveau*, on arrête les eaux, aussitôt qu'on est arrivé à un banc inférieur imperméable, au moyen d'un cuvelage en bois, en maçonnerie ou en fonte.

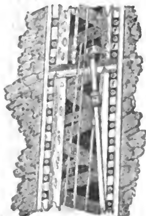
Le foncement d'un puits de $2^m,50$ à 3^m de diamètre.

dans un terrain moyennement dur, revient de 60 à 100 fr. le mètre courant.

Les puits de 1m,60 à 1m,70 de diamètre, et de 30 à 40m de profondeur au plus, que l'on creuse pour l'exploitation des minerais de fer et autres, rapprochés de la surface, sont souvent boisés au moyen de cercles de tonneaux plus ou moins espacés, et maintenus en place par la pression qu'exercent sur la face tournée du côté des parois, des bois de garnissage logés entre eux et le terrain.

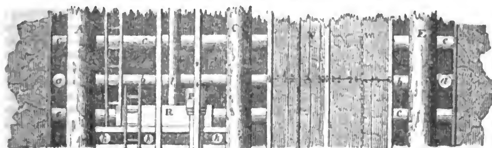
Les puits boisés de grandes dimensions sont le plus souvent carrés ou rectangulaires. On emploie alors des cadres rectangulaires formés de quatre pièces de bois, dont les deux plus courtes sont posées par leurs extrémités sur les deux plus longues, avec entaillement à mi-bois. Leur écartement varie suivant la pression du terrain, et on place en arrière des bois de garnissage que l'on serre exactement contre le terrain au moyen de coins, dont la pression suffit pour maintenir provisoirement les cadres en place. De distance en distance, et sur les points où la roche est le plus solide, on soutient un cadre sur deux pièces de bois appliquées contre les côtés les plus courts de la section rectangulaire du puits, et dont les extrémités s'appuient sur des entailles pratiquées pour les recevoir ; en outre, on supporte les cadres supérieurs par des poteaux de bois placés dans chaque angle du boisage, et respectivement entre deux cadres consécutifs. Lorsque le terrain est plus mauvais, on relie tous les cadres au cadre placé à l'orifice du puits, et dont les côtés se prolongent assez loin sur le sol, au moyen de tirants ou longuerines en bois, cloués ou chevillés contre les cadres.

On divise presque toujours les puits en plusieurs compartiments ; les uns pour l'extraction, les autres pour l'épuisement, les échelles, ou l'aérage. Les fig. 1833 et 1834 donnent deux coupes verticales d'un puits boisé et vertical divisé en quatre compartiments : l'un renferme les échelles *k, k* ; un autre, la maîtresse tige *g*, des pompes en cascade P, et leurs bâches R ; enfin, V et W sont les compartiments qui servent à l'extraction. *a, b, c* sont les cadres du boisage ; A, C, E, des longuerines qui les relient.



1833.

Quand on pratique des puits rectangulaires dans des terrains à couches inclinées, on doit les orienter de manière à ce que les deux côtés courts soient placés dans le sens de la direction, et les côtés longs dans le sens de la ligne de plus grande pente des couches, afin que les pièces les plus courtes du boisage soient appliquées sur les parois où la poussée est la plus considérable.



1834.

Dans les puits inclinés suivant la direction des couches ou filons, le plan des cadres doit être perpendiculaire à l'axe du puits.

Quand les couches que l'on traverse sont très aquifères, on est obligé de recourir au cuvelage. Ce dernier consiste en plusieurs *trousses* ou cadres ordinairement décagones, supportés par une ou plusieurs trousses picotées placées sur une banquette *c, c* (fig. 1835), ménagée dans la couche imperméable *a, a*, qui se trouve dans la couche perméable *b, b*. Ces trousses sont ainsi nommées, parce qu'on place de champ derrière les pièces de chaque cadre des planches ou *lambourdes ;* on garnit d'étoupes ou de mousse le vide entre les lambourdes et la roche ; on chasse ensuite entre les lambourdes et les pièces du cadre, jusqu'à refus, d'abord des coins plats en bois blanc, puis des coins pointus ou *picots* en bois blanc ou en chêne, auxquels on fait une entrée au moyen d'aiguilles ou *agrappes* en fer. Il devient alors impossible que l'eau, malgré la forte pression qu'elle exerce, filtre derrière le cadre et passe en dessous. Le cuvelage se termine également au-dessus de la couche perméable, par une trousse picotée horizontalement contre une banquette *d, d*. Les trousses ordinaires se trouvent ainsi fortement serrées les unes contre les autres.



1835.

La fig. 1836 est une coupe à une échelle plus grande du cuvelage en bois ; *d*, trousse porteuse ou picotée ; *k, k*, cuvelage ; *g, h*, pièces de renfort pour consolider et préserver le cuvelage.



1836.

Quand une couche mince aquifère est comprise entre deux couches imperméables, ou quand le terrain étant solide, mais fissuré, donne beaucoup d'eau, on peut arrêter celle-ci en pratiquant dans la couche aquifère, ou la fissure, une rainure horizontale dans laquelle on exécute un picotage également horizontal (fig. 1837).



1837.

Lorsque le terrain est coulant, on emploie souvent un cuvelage en fonte, que l'on fait descendre en le chargeant de poids et draguant le sable à l'intérieur. On opère aussi de même avec des tours en maçonnerie, que l'on rend solidaire en y interposant de distance en distance des rouets en planches, que l'on relie les uns aux autres par des planches et des tirants en fer. Lorsque le terrain est en même temps très aquifère, on emploie avec beaucoup d'avantage l'appareil à air comprimé de M. Triger, que nous avons décrit au mot AIR COMPRIMÉ.

Le muraillement est plus économique que le boisage, lorsqu'il s'agit de soutenir les parois de puits qui doivent avoir une durée de plus de six à sept ans.

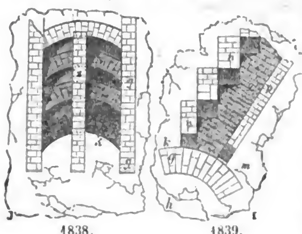
Le muraillement s'exécute presque toujours, soit avec des pierres de choix ou des briques et du mortier hydraulique, soit en employant des matériaux de moindre qualité, et établissant derrière le muraillement, entre celui-ci et le terrain, une enceinte ou corroi en terre argileuse fortement damée.

Les puits muraillés sont le plus souvent circulaires et en briques. Dans ce cas, le muraillement s'exécute presque toujours par parties, de haut en bas, au fur et

à mesure que le puits s'approfondit. Les tronçons de maçonnerie successifs s'appuient sur des rouets ou des cadres en charpente colletés, c'est-à-dire serrés par des coins en bois contre le terrain, lorsque la nature de celui-ci le permet, ou suspendus par des tirants en bois ou en fer, soit aux rouets supérieurs, soit à de longues pièces de bois étendues sur le sol à l'orifice du puits, lorsque le terrain n'offre pas une résistance suffisante pour un colletage serré des rouets.

Les puits muraillés en pierre sont souvent à section rectangulaire ; on y remplace les rouets par des cadres en charpente colletés ou par des arceaux surbaissés construits avec des pierres de choix, et dont les extrémités pénètrent assez avant dans la roche solide.

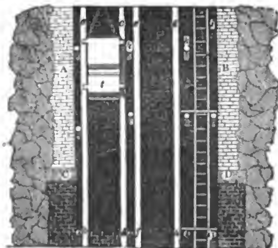
Le muraillement des puits inclinés consiste généralement en un berceau cylindrique appliqué sur le toit, et deux murs verticaux appliqués sur les faces latérales. On muraille aussi quelquefois ces puits en remplaçant le berceau cylindrique ci-dessus par une série d'arceaux verticaux *n*, *n* (fig. 1838 et 1839), établis en retraite



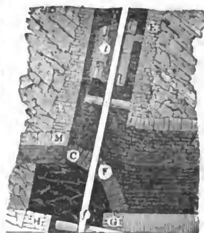
1838. 1839.

les uns au-dessus des autres, et formant ainsi saillie dans l'intérieur du puits.

Les puits inclinés qui servent à l'extraction des minerais sont garnis sur leur mur d'un plancher sur lequel glissent les traîneaux, ou mieux d'un double système de longuerines en bois *ab*, *cd* — *ef*, *gh* (fig. 1840 et 1841), sur lesquels roulent les caisses-chariots qui servent à l'extraction.



1840.



1841.

Serrements. Lorsqu'on rencontre dans l'exploitation d'une mine des sources abondantes qui arrivent dans une galerie par les fissures de la roche, et qu'on a lieu de croire que ces fissures n'ont qu'une étendue limitée, on isole la galerie où la source se fait jour, du reste des excavations souterraines, par une digue ou *serrement* qui contient les eaux. On ferme aussi par des serrements les galeries qui tombent sur d'anciens travaux souterrains remplis d'eau avec lesquels on ne veut pas se mettre en communication, et dont on ignorait même souvent l'existence. Enfin, lorsqu'un puits a été foncé à travers des *niveaux* ou nappes d'eaux que l'on a contenus par des cuvelages, pendant la durée de l'exploitation, comme dans les houillères du département du Nord et celles des environs de Mons, il est nécessaire, avant de l'abandonner, de le fermer au-dessous des derniers cuvelages par un serrement horizontal très solide, dit *plate-cuve*, afin de prévenir l'irruption ultérieure des eaux supérieures dans les travaux souterrains de la mine.

Lorsque la pression des eaux n'est pas extrêmement considérable, on emploie dans les galeries des *serrements droits*. Pour les établir, on commence par construire, en arrière de la place où le serrement doit être installé, un bâtardeau pour contenir les eaux avec un tuyau qui laisse écouler le trop plein; on pratique ensuite dans le roc solide et non fissuré des entailles ayant une face plane et verticale, sur laquelle doivent s'appuyer les pièces du serrement, du côté opposé à celui d'où arrive les eaux, et qui sont évasées de l'autre côté, ce qui est nécessaire pour la pose des bois. On place ensuite les pièces du serrement, en bois de chêne parfaitement dressé au rabot, suivant la plus petite dimension de la galerie et par conséquent presque toujours horizontalement, en interposant entre elles et les parois, des lambourdes et de la mousse ; l'ensemble de ces pièces présente, à la partie inférieure, un trou pratiqué pour le passage du tuyau de trop plein, à la partie supérieure un petit trou pour le dégagement de l'air, et au milieu à peu près un trou rectangulaire suffisant pour le passage des ouvriers ; on serre ensuite les pièces par un picotage très soigné exécuté du côté d'où viennent les eaux, puis les ouvriers se retirent, et ferment l'ouverture par laquelle ils ont passé avec un tampon, ou mieux avec un gros clapet de bois garni de cuir, qui se ferme de lui-même par son propre poids et que la pression des eaux maintient fermé. On bouche ensuite successivement l'ouverture du tuyau de trop plein et celle pour le dégagement de l'air, lorsqu'elle laisse échapper de l'eau.

Dans les galeries très larges les pièces qui forment le serrement droit seraient écrasées, lorsque la charge d'eau est considérable; on emploie alors des *serrements sphériques*, ou portions de sphère, formés de pièces de bois contiguës cunéiformes, taillées en forme de troncs de pyramides à quatre faces, et picotées comme précédemment contre les parois de la galerie, préalablement entaillée de manière à présenter la forme d'un tronc de pyramide; on picote en outre tous les joints des pièces. Les ouvriers se retirent ensuite par une ouverture centrale et légèrement conique, que l'on bouche avec un tampon de même forme qui se trouve serré par la pression des eaux.

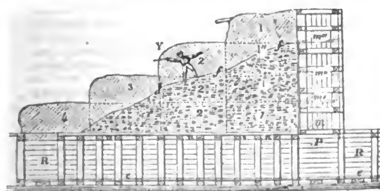
Les plates-cuves se font ordinairement en construisant au-dessous des cuvelages, et à une certaine distance l'une de l'autre, deux voûtes sphériques en briques et mortier hydraulique, entre lesquelles on augmente l'épaisseur du muraillement par un nouveau rang de briques.

Méthodes diverses d'exploitation.

Les diverses méthodes d'exploitation que l'on doit suivre dans tel ou tel cas dépendent surtout de la nature des gîtes. A cet égard, les gîtes se divisent en deux grandes classes : la première, qui renferme la plupart des filons métalliques, comprend ceux où les minerais utiles sont associés à des matières stériles ou gangues, que l'on peut séparer en partie par un premier triage fait dans la mine même, afin de s'en servir ensuite à effectuer un remblayage assez complet pour soutenir les parois et prévenir les éboulements; la seconde, qui renferme surtout des couches ou amas de combustibles minéraux, de sel gemme ou de matières pierreuses, comprend les gîtes où les matières stériles que l'on peut séparer des minerais ne suffisent pas pour opérer un semblable remblai. Dans ces deux classes les méthodes d'exploitation varient encore suivant la puissance des gîtes, et la solidité des épontes et du gîte lui-même, et suivant que l'allure et la richesse des gîtes sont régulières ou non; dans ce dernier cas, on fait précéder l'exploitation proprement dite par des travaux d'exploration, que l'on dirige de manière à ce qu'ils servent en même temps à l'aménagement du gîte.

Lorsque le gîte est peu puissant, on l'exploite *par grandes tailles couchées dans le plan du gîte et remblayées au fur et à mesure*. Dans les filons, qui sont presque toujours fortement inclinés, les fronts de taille sont découpés en forme de gradins renversés ou de gradins droits. Dans tous les cas, on commence par diviser, la partie du gîte à exploiter, en massifs longs ou carrés, par des galeries horizontales tracées sur le mur suivant la direction, et dites *galeries d'allongement*, distantes entre elles de 20 à 40^m, et par des *cheminées* tracées suivant l'inclinaison ou la plus grande pente, dont l'espacement varie avec les besoins de l'aérage. On exploite généralement ces massifs par étages successifs en allant de haut en bas; mais les massifs considérés en eux-mêmes sont tantôt exploités de bas en haut, comme dans la méthode des gradins renversés, tantôt de haut en bas, comme dans la méthode des gradins droits.

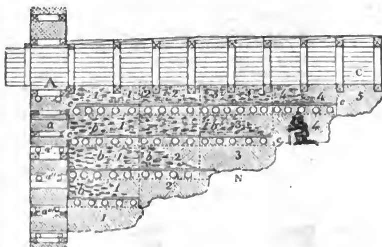
Dans la méthode par *gradins renversés* (fig. 1842), où P P est un puits ou cheminée qui limite le massif Y,



1842.

et R R la galerie d'allongement inférieure, chaque gradin a de 1^m,50 à 2^m de hauteur sur 3^m environ de longueur, et n'occupe généralement qu'un ouvrier; chaque ouvrier remblaie derrière lui avec les débris stériles de l'exploitation, et c'est sur ces remblais que s'élèvent les ouvriers qui le suivent. On ménage de distance en distance, au milieu des déblais et suivant l'inclinaison, des cheminées pour jeter les minerais dans la galerie de roulage inférieure.

Dans la méthode par *gradins droits* (fig. 1843), le massif est attaqué en descendant, de telle sorte que le front de la taille présente la forme d'un escalier droit. Les ouvriers remblaient derrière eux sur des planchers établis à cet effet, et ménagent au milieu des remblais des voies de roulage horizontales pour le transport des



1843.

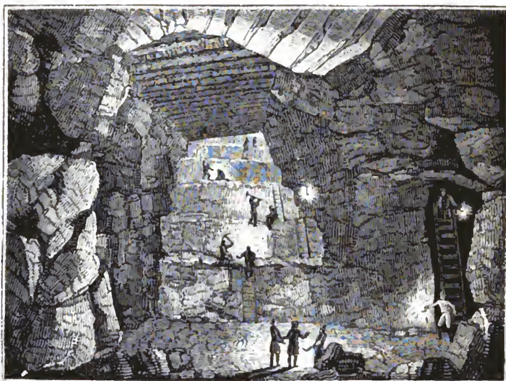
minerais. Ce mode d'exploitation exige donc une dépense en boisage beaucoup plus grande que celui par gradins renversés; aussi ce dernier est-il généralement préféré comme plus économique, dans l'exploitation des filons métalliques inclinés de 45 à 90° sur l'horizon.

La fig. 1844 donne la vue perspective d'une grande taille par gradins droits, dans une roche dont la solidité permet de se passer de remblais, comme dans beaucoup de mines de sel gemme, et de carrières de pierres et d'ardoises.

Quelquefois les couches sont très peu inclinées, comme on le voit dans le schiste cuivreux du Mansfeld (figure 1845; 12, est la couche de schiste cuivreux), et dans son prolongement dans la Hesse, à Riechelsdorf (fig. 1846; 10, est la couche de schiste cuivreux); alors on atteint le pied de la couche que l'on veut exploiter, soit par un puits vertical, soit par une galerie à travers bancs, suivant que cette partie est peu inclinée ou très inclinée sur l'horizon; puis on exécute dans le gîte une galerie d'allongement, à laquelle on donne une hauteur suffisante pour le roulage; on divise ensuite la partie de la couche en amont de cette galerie en massifs rectangulaires ou rhomboïdaux, par deux systèmes de galeries, dont les unes sont horizontales et suivent la direction du gîte, et dont les autres sont perpendiculaires ou obliques aux premières, selon la pente du gîte, de manière à ce que les minerais jetés dans ces dernières galeries puissent arriver d'eux-mêmes à la galerie horizontale inférieure. On exploite les massifs ainsi obtenus par une série d'ouvriers placés en retraite les uns au-dessus des autres, de façon que si on relevait le front de la taille dans un plan vertical, il présentât la forme de gradins renversés.

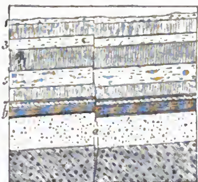
Les couches de houille peu épaisses des environs de Valenciennes et de Mons sont exploitées par la même méthode (fig. 1847). On ouvre successivement, dans la partie de couche à abattre, une série de tailles ou gradins de 2 à 4^m de large à côté les uns des autres, et on place un ou deux ouvriers devant chaque gradin. Tantôt on ménage des galeries de roulage à travers les remblais, tantôt on remblaie entièrement l'espace excavé, sauf la partie où se tiennent les ouvriers et la

galerie principale d'allongement *c c*, et le charbon abattu suit le front des tailles pour arriver à la galerie d'allongement. Pour consolider les voies de roulage, on ménage à droite et à gauche des galeries de roulage principales, comme l'indique la figure, des massifs intacts et percés seulement des ouvertures nécessaires pour la communication avec les tailles. Dans les mines de houille, il convient de séparer les tailles elles-mêmes par des massifs intacts, que l'on enlève ultérieurement, quand les premières tailles sont arrivées aux limites du champ d'exploitation, afin, en cas d'accident, tel que l'incendie ou l'inondation d'un compartiment, de pouvoir isoler ce compartiment par des serrements ou digues, en bois ou en maçonnerie, tandis que, sans cette précaution, la mine entière devrait être abandonnée jusqu'à ce qu'on eût porté remède au mal.



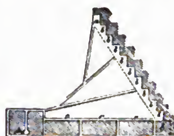
1844.

1845.



1846.

Dans la méthode d'exploitation par grandes tailles remblayées à mesure, que nous venons de décrire, il n'est pas nécessaire que les matières stériles soient en quantité suffisante pour opérer un remblai complet ; il suffit qu'à l'aide de quelques étais en bois, de tas de déblais, ou de murs en pierres sèches dont les intervalles ne sont qu'incomplètement remplis par des menus déblais, on puisse prévenir les éboulements partiels et immédiats devant le front de la taille, de façon à ce que les mouvements de terrain se fassent en arrière des ouvriers, dans les parties déjà exploitées. C'est ainsi, par exemple, que s'exploite la pierre à bâtir dans les carrières souterraines des environs de Paris.

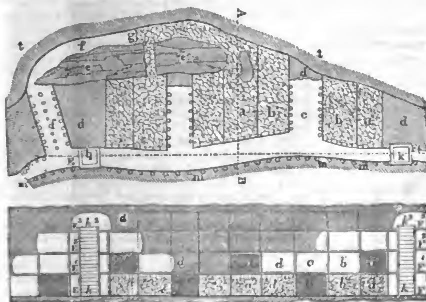


1847.

Quelques filons ou amas métallifères sont trop puissants pour qu'il soit possible de les exploiter par les méthodes précédentes. On leur applique alors la méthode *en travers*, qui consiste à pousser les tailles transversalement au gîte, à en soutenir provisoirement les parois par des boisages, et plus tard à les remblayer avec les déblais stériles provenant de l'ouverture de tailles voisines.

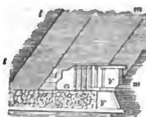
Ce mode d'exploitation est représenté dans la figure 1848, qui en donne le plan, et dans les fig. 1849 et 1850 qui sont des coupes verticales faites suivant les lignes FE, AB, du plan : *mm* est le mur et *tt* le toit du gîte des minerais qu'il s'agit d'exploiter. Une première galerie d'allongement EF étant pratiquée au mur, on établit transversalement à cette galerie une série de tailles horizontales *a*, *a*, telles qu'entre deux il se trouve un espace suffisant pour en placer trois autres, et on les prolonge jusqu'à la rencontre du toit, en soutenant le faîte et les parois, s'il est nécessaire, par un boisage provisoire ; on les remblaie ensuite avec des déblais posés sur des pièces de bois ou planches placées sur le sol, afin que si, par la suite, on exploite au-dessous, il ne puisse survenir aucun éboulement. On exploite ensuite de la même manière et successivement les tailles *b*, *c*, *a*. On prépare en même temps l'exploitation des étages supérieurs E'F', E^2F^2, E^3F^3, au moyen de puits hh^3, kk^3, pratiqués de bas en haut sur

le mur *mm*, et de galeries d'allongement partant de ces puits et successivement établies au niveau de ces étages. On voit que l'exploitation va de bas en haut, et que



l'ensemble des travaux présente l'aspect général d'ouvrages à gradins renversés sur la fig. 1849.

Il est certain qu'il y aurait avantage dans beaucoup de cas à remplacer les petites tailles, ordinairement employées, par de larges tailles horizontales, en remblayant en arrière au fur et à mesure, et ménageant dans les remblais les voies de roulage et d'aérage nécessaires. On réduirait ainsi de beaucoup les frais de boisage provisoire et de transport des remblais. Si les tailles ne fournissaient pas une quantité de déblais suffisante pour un remblai complet, on pourrait encore appliquer cette méthode; seulement au lieu d'exploiter les massifs par étages allant de bas en haut, il faudrait les exploiter par étages allant de haut en bas. Les tailles terminées, on les remblaiera en retirant successivement les boisages provisoires en revenant du toit vers le mur du gîte et provoquant ainsi l'éboulement du plafond de la taille; on empêchera les déblais de couler dans la galerie d'allongement principale en les maintenant par un mur ou un boisage convenable. C'est ainsi que sont exploitées les couches puissantes et très inclinées de houille, telles que celles du Creusot, etc.


1850.

On emploie aussi cette méthode en procédant par étages successifs en descendant nombre de mines métalliques, telles que celles de mercure à Almaden, etc.

Il nous reste à dire quelques mots sur l'exploitation des gîtes dans lesquels les matières stériles ne sont pas en quantité suffisante pour opérer un remblai capable de soutenir les excavations; c'est le cas de la plupart des couches de houille. Comme nous avons déjà donné quelques détails à ce sujet au mot HOUILLE, et que, depuis quelques années, on commence à exploiter la plupart de ces gîtes par des méthodes analogues à celles que nous venons de décrire et au moyen de remblais rapportés, ce qui offre l'avantage de prévenir les mouvements de terrain, et par suite les chances d'incendie et d'inondation, la quantité d'eau à épuiser et la proportion de houille menue, nous nous bornerons à quelques principes généraux d'exploitation.

Lorsque les couches ont de 2 à 3 mètres, et même jusqu'à 5 mètres d'épaisseur, on les exploite le plus ordinairement, en divisant d'abord le champ d'exploitation, en massifs ou piliers longs, rectangulaires ou à base de parallélogramme suivant la direction des fissures de la roche ou de la houille à abattre, au moyen de galeries qui sont tantôt de simples travaux préparatoires, tantôt de véritables chantiers ou tailles d'exploitation; puis, en procédant ensuite à l'enlèvement des massifs longs, ou au dépilage, en revenant sur ses pas, à partir des limites du champ d'exploitation, et laissant ébouler derrière soi. Il convient, comme nous l'avons fait remarquer en parlant de l'exploitation par grandes tailles des couches de houille d'une faible épaisseur, de diviser le champ d'exploitation en plusieurs compartiments, ou chantiers d'exploitation, que l'on puisse aisément au besoin isoler les uns des autres.

Dans le cas de couches parallèles superposées, l'exploitation doit commencer par les couches supérieures et procéder de haut en bas. On agit de même lorsqu'on veut exploiter par cette méthode et en plusieurs étages une couche puissante.

On exploite par piliers carrés, abandonnés en grande partie dans l'excavation, les substances en couches puissantes, quand elles ont peu de valeur et une grande solidité; telles sont les pierres à bâtir en couches épaisses, les ardoisières et les couches épaisses de sel gemme et de gypse. Trop souvent on exploite de la même manière des couches de houille d'une grande puissance, mais ce n'est jamais qu'avec beaucoup de danger pour les ouvriers et une grande perte de houille, aussi ne convient-il jamais d'employer cette méthode dans ce cas.

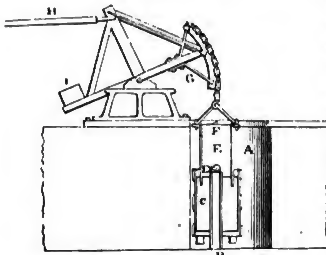
Lorsqu'il s'agit de couches de houille puissantes, on doit toujours les exploiter par étages successifs en descendant, et toutes les fois que cela est possible avec remblais rapportés.

Enfin, pour extraire les minerais enfouis dans d'anciens travaux éboulés, on fait en sorte d'arriver par une galerie creusée dans une roche solide, ou parfaitement consolidée par de forts boisages jusqu'au point où les roches éboulées contiennent assez de minerai pour pouvoir être exploitées avec bénéfice. Arrivé là, on provoque un éboulement, et l'on soumet les roches éboulées à un triage. Ce mode d'exploitation est, en général, plutôt un accident dans une mine qu'une méthode particulière d'exploitation. Dans quelques cas, cependant, on provoque les éboulements au milieu d'un gîte neuf. Telles sont les exploitations des schistes alumineux de la vallée de la Meuse où l'on procède de haut en bas, par étages successifs, que l'on recoupe par des galeries soutenues par des boisages, et que l'on fait ensuite ébouler peu à peu en retirant ces boisages. On extrait ensuite les schistes éboulés au moyen de galeries boisées allant du mur au toit et que l'on déboise après en reculant pour amener de nouveaux éboulements.

Aérage des mines.

Nous avons déjà parlé avec détails de l'aérage des mines et des lampes de sûreté au mot HOUILLE (page 1940), de sorte qu'il ne nous restera que peu de chose à dire ici pour compléter cet article.

Dans les mines métalliques convenablement exploitées, l'aérage naturel est presque toujours suffisant; mais il en est rarement de même dans les mines de houille. On emploie alors dans celles-ci, pour déterminer une circulation d'air suffisamment active dans l'intérieur de la mine, tantôt des foyers d'aérage, tantôt des machines soufflantes ou aspirantes. La fig. 1851 représente une de ces machines aspirantes, qui se compose d'un cylindre en fonte E, équilibré par un contre-poids I, et



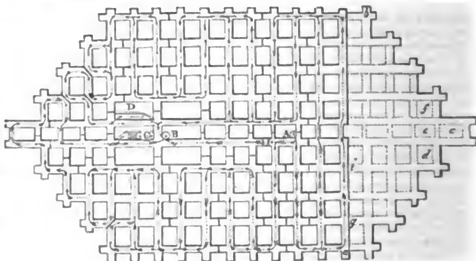
1851.

qui reçoit, par l'intermédiaire du tirant H, un mouvement vertical alternatif. Ce cylindre se meut dans une bâche C remplie d'eau et traversée par le tuyau B, qui sert pour l'aspiration de l'air vicié et est surmonté par une soupape D s'ouvrant de bas en haut; cet air s'échappe ensuite au dehors en soulevant la soupape F, qui s'ouvre de bas en haut, lors de la descente du cylindre E.

Dans les mines de houille exploitées par des tailles dont le front est très étendu, comme c'est le cas dans la Belgique et le département du Nord, et en arrière desquelles on remblaie, au fur et à mesure, le courant d'air qui arrive par la voie de roulage est divisé en autant de branches qu'il y a de grandes tailles. Chaque branche arrive sur le front de la taille, en suivant la voie de transport qui y aboutit, et s'échappe ensuite, en entraînant les gaz nuisibles ou *mofettes*, par une voie particulière qui la conduit au puits de sortie. Quand les tailles ont une faible étendue, ou que le dégagement des gaz nuisibles est peu abondant, on peut sans inconvénient faire passer successivement le même courant d'air sur plusieurs tailles. Enfin, lorsque les gaz nuisibles sont plus légers que l'air comme cela a lieu dans toutes les mines de houille infectées de *grisou*, c'est-à-dire où il y a un dégagement abondant d'hydrogène carboné, il convient, pour avoir le meilleur aérage possible, que le courant d'air circule toujours en montant ou au moins horizontalement et jamais en descendant : la vitesse du courant doit être de 0m,40 à 0m,80, suivant l'abondance plus ou moins grande des mofettes.

Dans les exploitations de houille par piliers longs ou carrés que l'on dépile ensuite à partir des limites du champ d'exploitation, on divise la mine en plusieurs labyrinthes séparés au moyen de barrages en planches et quelquefois en maçonnerie, qui forcent l'air à suivre ainsi les voies qu'on lui trace. Dans les points où l'on doit diviser le courant d'air, on emploie des portes munies de guichets qui servent à régler la distribution de l'air. Dans les galeries de roulage où il doit y avoir un barrage, ce barrage est double, quelquefois triple, et présente la forme d'un sas d'écluse, afin que le passage d'un convoi de chariots ne puisse changer le sens du courant d'air. Les travaux abandonnés, dans lesquels on ne pénètre plus, sont isolés des travaux en activité, soit par des piliers massifs, soit par de fortes digues en maçonnerie.

Autrefois, dans les mines dont nous venons de parler, l'exploitation se faisait en commençant le dépilage en allant du centre aux limites du champ d'exploitation, et en faisant circuler le courant d'air sur le front des tailles; la non division du courant d'air rendait les frottements plus considérables et, par suite, l'aérage moins actif, et, d'un autre côté, le groupe de travaux abandonnés au centre de la mine devenait un vaste réservoir rempli de gaz nuisibles, qui se répandaient souvent à l'improviste et en très grande abondance dans les galeries fréquentées, et y donnaient quelquefois lieu à des accidents. Actuellement, comme nous l'avons dit, le dépilage a lieu en sens inverse; le courant d'air divisé par des barrages convenables lèche non seulement le front des tailles, mais il parcourt encore toutes les galeries du champ d'exploitation, et le foyer d'aérage est alimenté, s'il est nécessaire, par un courant d'air non vicié, tandis que le courant chargé de gaz inflammables débouche dans le puits de sortie à une assez grande distance de la cheminée du foyer pour qu'une étincelle ne puisse pas y mettre le feu. Il est rare que, dans une mine ainsi aérée, il soit nécessaire de donner au courant d'air une vitesse supérieure à 0m,60. La fig. 1852 donne le plan d'une mine exploitée et aérée comme il vient d'être dit : A, est le puits d'arrivée de l'air; B, le puits de sortie; C, le foyer d'aérage; D, la voie particulière qui conduit l'air vicié dans



1852.

le puits de sortie; *ab...g*, la partie du champ d'exploitation déjà dépilée. Le sens du courant d'air est indiqué par des flèches.

On opère la circulation de l'air d'une manière analogue lorsque l'on a adopté, pour l'exploitation, la division en compartiments, dont nous avons parlé plus haut.

Dans les mines à grisou, et particulièrement dans celles où il existe de vieux travaux abandonnés dans

lesquels l'air ne circule point, la quantité de gaz inflammable qui se dégage varie en raison inverse de la pression atmosphérique. Il en résulte que l'on doit augmenter l'activité de l'aérage toutes les fois que le baromètre baisse.

Pour terminer ce qui est relatif à l'aérage des mines, il nous reste à parler des *explosions*, malheureusement trop fréquentes, qui ont lieu dans les mines à grisou. L'explosion, provenant le plus souvent d'un aérage insuffisant, et quelquefois d'une irruption imprévue d'une grande quantité de gaz inflammables sortant d'une cavité ou de vieux travaux, donne lieu à la production d'une grande quantité de vapeur d'eau et d'acide carbonique, qui prennent subitement un volume considérable sous l'influence de la température élevée qui se développe. Son effet immédiat est d'interrompre tout à coup la circulation du courant d'air ventilateur, de la refouler en arrière, et en même temps de renverser les obstacles qui s'opposent à l'extension du gaz dans tous les sens. Le courant des gaz brûlés arrive par la voie la plus facile et la plus large à un ou plusieurs puits aboutissant au jour, et renverse ou détériore plus ou moins les machines placées à la surface. Un petit nombre d'ouvriers sont atteints directement par l'explosion ; la plupart périssent par asphyxie.

La division des mines d'une certaine étendue, en compartiments ou chantiers d'exploitation séparés les uns des autres par des massifs de houille suffisamment solides, et percés seulement des ouvertures nécessaires pour la circulation de l'air et le passage des ouvriers, est une des meilleures dispositions que l'on puisse prendre pour éviter qu'à la suite d'une forte explosion toute la mine soit infectée. Il est également essentiel que les galeries et puits de retour d'air offrent un passage plus facile et plus large que les puits et galeries d'entrée ; néanmoins on fait souvent le contraire par économie, les voies de retour d'air ne servant ni au roulage, ni à l'extraction. Il en résulte alors que les produits gazeux de l'explosion prennent ce chemin, et tendent à déterminer dans le moment un aérage plus actif. Enfin, pour faciliter cet aérage et pour empêcher que le courant ne change de sens, on place dans l'intervalle de chaque barrage double des portes de sauvetage en bois, mobiles autour d'un axe horizontal situé près du faîte de la galerie, et maintenues relevées dans une position horizontale par une sorte de crochet, qu'il suffit de faire tourner pour que la porte tombe. Ce crochet a un manche, auquel est adaptée une plaque assez large qui, en cas d'explosion, reçoit le choc du courant, de sorte que la porte est décrochée par l'explosion même. Cette porte flottante maintient provisoirement la circulation de l'air, et n'oppose aucun obstacle à la sortie des ouvriers qui, surpris par l'explosion, cherchent à gagner des galeries non infectées. L'emploi de ces moyens préventifs peut assurer contre toutes chances de renversement du courant ventilateur. Alors les foyers d'aérage peuvent continuer leurs fonctions aussitôt après l'explosion, et permettre de rentrer dans la mine et d'en retirer presque toujours les ouvriers, qui n'ont été qu'asphyxiés, avant que l'asphyxie ne soit complète.

Dans les mines métalliques et beaucoup de mines de houille, les ouvriers s'éclairent avec des chandelles ou des lampes à huile ou à graisse ; dans les mines à grisou, ils emploient les LAMPES DE SURETÉ, que nous avons décrites dans un article séparé.

Transport des minerais.

Sur des voies tout à fait irrégulières et pour de très petites distances le transport se fait à dos. Dans quelques galeries descendantes on se sert de traîneaux ; lorsque la galerie est très inclinée, on attache les traîneaux à une chaîne sans fin, dont le frottement sur le sol modère la descente, et qui sert souvent aussi à remonter les traîneaux. Au lieu de traîneaux, on emploie souvent, dans les voies descendantes, des wagons roulant sur un chemin de fer, et disposés de la même manière, avec un frein ordinaire à la tête du plan incliné dit *plan automoteur*. Pour des distances peu considérables, dans des galeries horizontales ou peu inclinées, on emploie quelquefois des brouettes à une (fig. 1853) ou deux roues. Dans beaucoup de mines métalliques on se sert, pour le transport des minerais d'un *chien de mine*, caisse prismatique longue, haute et étroite, portée sur quatre roulettes



1853.

placées sous le fond et circulant sur deux lignes de solives en bois qui laissent entre elles un intervalle de 0^{m},03 environ, dans lequel s'engage une cheville directrice en fer fixée verticalement au milieu de l'essieu antérieur du chien, qui est poussé par derrière et non traîné ; le roulage au chien de mine est le seul qui puisse être employé dans les galeries très étroites et tortueuses. Enfin, dans les galeries longues et suffisamment régulières, horizontales ou inclinées, le transport s'effectue au moyen de chariots ou wagons, traînés par des hommes ou des chevaux, et roulant sur des bandes de bois, de fonte ou de fer forgé. Tantôt le minerai, ou la houille, est placé directement dans le chariot, tantôt, afin d'éviter le transvasement, il est chargé dans des bennes que l'on place sur le chariot, qui se réduit alors à une plate-forme portée sur quatre roues.

Dans quelques cas très rares, les transports dans l'intérieur des mines se font par eau, dans des canaux souterrains.

Extraction des minerais.

Dans les puits verticaux et peu profonds, l'extraction se fait au moyen d'un simple treuil à manivelles manœuvrées par deux ou quatre hommes ; on charge alors les cuveaux d'un poids de 50 à 100^{k}. Lorsque les masses à élever sont d'un poids considérable et ne doivent pas être divisées, comme dans les carrières de pierre de taille, on emploie, au lieu de manivelles, de grandes roues à chevilles.

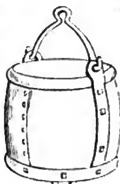
Lorsque les quantités de matières à extraire sont considérables, l'extraction s'opère au moyen de machines dites *barytels*, qui sont mues par des chevaux, des roues hydrauliques ou des machines à vapeur. Le barytel à chevaux consiste toujours en un cabestan vertical, dont l'arbre porte un tambour d'un assez grand diamètre ; deux câbles s'enveloppent en sens inverse l'un de l'autre sur ce tambour, et vont passer sur de grandes poulies ou *molettes*, supportées par une charpente établie au-dessus du puits dans lequel se meuvent les tonnes attachées à l'extrémité des câbles, l'une d'elles monte et son câble s'enroule autour du tambour, tandis que l'autre descend et que son cadre se déroule. Lorsque les puits sont inclinés, on remplace les tonnes d'extraction par des caisses prismatiques pourvues de roues qui circulent sur des rails ou des lignes de solives placées sur le mur, comme l'indiquent les fig. 1840 et 1841, page 2673. Dans les barytels à eau et à vapeur, les câbles d'extraction s'enroulent autour de tambours presque toujours horizontaux. Le plus souvent les roues hydrauliques sont placées sur l'axe même des tambours, et sont construites avec deux rangs d'augets tournés en sens inverse les uns des autres, afin de pouvoir changer à volonté le sens de la rotation. Les machines à vapeur employées pour l'extraction des minerais sont tantôt ver

ticales, tantôt horizontales ; dans tous les cas, elles sont munies d'un mécanisme analogue à celui des locomotives ou à celui des machines de bateaux à vapeur, et qui permet de renverser instantanément le sens du mouvement.

Les câbles qui servent à l'extraction sont ronds ou plats, en chanvre ou en fil de fer, et goudronnés (voyez CABLES). Si les tambours étaient cylindriques, pour des puits d'une grande profondeur, le poids des câbles ferait varier dans des limites très étendues la somme des moments des forces agissant tangentiellement aux tambours et, par conséquent, la force motrice. On remédie à cet inconvénient en enroulant les câbles ronds sur des tambours coniques, et en disposant les tambours pour câbles plats de manière que ceux-ci s'enroulent sur eux-mêmes en spires successives.

Dans les mines qui sont en partie asséchées par une galerie d'écoulement, on utilise souvent et avec beaucoup d'avantage les cours d'eau qui coulent à la surface, en profitant de la chute de la surface au niveau de la galerie d'écoulement, au moyen de BALANCES D'EAU, qui servent à l'extraction. Lorsque les puits sont très inclinés, l'ensemble de l'appareil offre les mêmes dispositions qu'un plan automoteur, les chariots se composent de deux parties, dont l'une est destinée à renfermer l'eau pendant la descente, et l'autre le minerai pendant l'ascension. On utilise également dans quelques cas particuliers, pour l'extraction du minerai, la descente des remblais rapportés.

Dans les puits verticaux, l'extraction a le plus souvent lieu dans des tonnes en bois cerclées en fer (figure 1854), que l'on accroche tantôt seules, tantôt par groupes de deux, trois ou quatre, à des chaînes qui terminent le câble d'extraction. Dans quelques mines de houille on se sert encore de paniers en osier. Dans d'autres mines, on emploie des plates-formes carrées portant une ligne de rails, sur lesquels arrivent les chariots qui ont servi au transport dans les galeries souterraines, et qu'on y fixe par des traverses. Les plates-formes sont suspendues par quatre chaînes au câble, et guidées, dans leur mouvement ascensionnel, par deux ou quatre lignes de longuerines en bois ou en fer.


1854.

En terminant ce qui se rapporte à l'extraction, nous dirons quelques mots sur la descente des ouvriers dans les mines.

Les ouvriers descendent ordinairement dans les mines et en sortent par des échelles verticales et inclinées, ce qui dans les puits très profonds dépense une très grande partie du travail qu'ils sont capables de fournir. Dans les mines de houille du centre de la France, et dans la plupart des houillères profondes de l'Angleterre et de la Belgique, les ouvriers montent et descendent habituellement par les tonnes, ce qui donne quelquefois lieu à de graves accidents en cas de rupture des câbles, ou de rencontre des tonnes montantes et descendantes, lorsque celles-ci ne circulent pas dans des compartiments séparés.

En 1833, M. *Dœrell*, ingénieur des mines à Zellerfeld dans le Hartz, inventa, pour faire monter et descendre les ouvriers dans les mines, une machine très simple et très ingénieuse, qui est actuellement assez répandue. Cette machine se compose d'un système de deux tirants en bois établis dans le puits, parallèlement, et à une petite distance l'un de l'autre, depuis la surface jusqu'au fond, et qui reçoivent un mouvement rectiligne alternatif de la roue hydraulique ou de la machine servant à l'extraction. Chaque tirant porte des marches dont l'équidistance est égale au double de l'amplitude du mouvement alternatif, et des poignées en fer sont établies à la hauteur convenable, au dessus des marches, pour que l'ouvrier puisse les saisir avec la main. Les tirants sont guidés par des rouleaux et sont munis de plusieurs patins de sûreté, disposés de manière à ce que, en cas de rupture, la partie détachée ne pût jamais tomber que d'une hauteur tout au plus égale à l'amplitude d'une excursion, c'est-à-dire de 1m,50 à 2m. L'ouvrier passe successivement d'un tirant sur l'autre, en se tenant toujours sur les marches de celui qui monte s'il veut monter, et de celui qui descend s'il veut descendre. Des échelles fixes sont placées entre les deux tirants en cas d'accident. Enfin, de distance en distance, il y a des planchers horizontaux, comme dans le cas d'échelles fixes. On a remplacé dans quelques mines les tirants en bois par des échelles en fil de fer, qui sont reliées de distance en distance par des sortes de balanciers qui les rendent solidaires l'un de l'autre, et qui, en les équilibrant ainsi à différentes hauteurs, ont l'avantage de décharger les points d'attache supérieurs, et les parties supérieures des câbles, du poids des parties inférieures. Voir MACHINE A EXTRACTION.

Épuisement des eaux des mines.

L'assèchement des mines s'opère, soit au moyen de galeries souterraines qui débouchent dans les vallées voisines, soit à l'aide de machines.

Toutes les fois que l'on peut pratiquer des galeries d'écoulement, on a recours à ce moyen pour assécher les mines en tout ou en partie. En général, on les exécute, autant que possible, à travers bancs, et normalement à la direction des gîtes exploités, avec des embranchements exécutés dans chaque gîte suivant sa direction. La pente doit en être très faible, et leur orifice doit être situé à un niveau supérieur à celui des plus hautes eaux dans la vallée où elles débouchent. Lorsqu'une partie des exploitations est située à un niveau inférieur à celui des galeries d'écoulement, le sol de celles-ci doit être imperméable ; à cet effet, les parties exécutées en galeries d'allongement doivent être entaillées dans le mur et non dans le gîte lui-même, et on doit murailler en forme de canal toutes les parties où le sol n'est pas entièrement imperméable.

Lorsqu'on a recours à des machines pour l'épuisement des eaux, on emploie des seaux ou tonnes et le plus souvent des pompes.

Dans les puits en creusement, lorsque les eaux sont très abondantes, on les extrait dans les mêmes tonnes que les déblais, au moyen de treuils ou de barytels. On se sert aussi souvent de seaux ou de tonnes, dans des puits servant à une exploitation régulière, lorsque les eaux sont peu abondantes, et que celles qui arrivent pendant la journée de travail peuvent être facilement contenues dans un puisard ou réservoir de petites dimensions, d'où on les extrait une fois l'extraction journalière terminée et avec les mêmes câbles et les mêmes machines.

Dans tous les cas où l'abondance des eaux exige un épuisement continu on emploie des POMPES. Comme nous traitons de ces machines dans un article spécial, nous n'en dirons ici que très peu de chose.

On emploie assez fréquemment, pour des épuisements temporaires, à de petites profondeurs, des pompes aspirantes en bois d'une construction extrêmement simple, qui sont confectionnées sur la mine même et entretenues par les ouvriers boiseurs. Ces pompes se composent d'un tronc d'arbre foré dont le diamètre intérieur est plus grand à la partie supérieure qui sert de corps de pompe, qu'à la partie inférieure qui sert de tuyau aspirateur et est surmontée d'une soupape à clapet en cuir s'ouvrant de bas en haut ; le piston est en

bois, garni de chanvre à l'extérieur, creux à l'intérieur et muni de soupapes à clapets s'ouvrant de bas en haut. On employait autrefois pour l'épuisement des mines profondes, et on en trouve encore des exemples dans beaucoup d'anciennes mines d'Allemagne, des pompes en bois de 8 à 10 mètres de hauteur totale, construites comme nous venons de le dire, et établies en cascade les unes au-dessus des autres; souvent le même puits renferme deux colonnes de pompes en cascade; chacune d'elle déversant l'eau qu'elle élève dans une bâche au réservoir où elle est reprise par les pompes placées immédiatement au-dessus.

Actuellement, et surtout pour les épuisements à de grandes profondeurs ou pour de grandes quantités d'eau, on se sert de pompes métalliques qui sont de deux sortes, savoir : les pompes élévatoires à piston creux, et les pompes à piston plein.

Les *pompes élévatoires à piston creux* sont les plus anciennes, et sont principalement employées dans les mines de houille du département du Nord et dans la Belgique. Elles se composent d'un corps de pompe alésé en fonte ou en bronze, d'un tuyau d'ascension placé au-dessus, et d'un tuyau placé au-dessous et qui en est séparé par une *chapelle*, sorte de tuyau court fermé par une de ses faces par une porte amovible qui sert à visiter et réparer au besoin les soupapes du tuyau aspirateur et du piston creux. Les tuyaux d'ascension ont un diamètre un peu supérieur à celui du corps de pompe afin de pouvoir retirer au besoin le piston par la partie supérieure; ils sont composés de tuyaux cylindriques en fonte assemblés au moyen de brides plates avec interposition de garnitures en étoupes goudronnées ou d'un disque de plomb. Lorsque la colonne a une grande hauteur, il convient d'imprégner ces tuyaux d'huile siccative au moyen de la pompe de pression, afin d'empêcher l'eau de suinter au travers; ce procédé peu coûteux, dû à M. *Juncker*, permet d'élever les eaux d'un seul jet à 200 mètres et plus de hauteur verticale. Les tiges des pistons sont ordinairement en bois et, avec leurs armatures en fer, déplacent à peu près un volume d'eau d'un poids égal au leur.


1855.

On emploie souvent les pompes élévatoires pour l'épuisement des eaux dans les puits en foncement; dans ce cas, on les supporte au moyen de palans (fig. 1855), et on les descend au fur et à mesure de l'approfondissement des puits.

Les pompes à *piston plein* sont de deux espèces : les pompes à piston plein remplissant la section entière du corps de pompe, et les pompes dites pompes à piston plongeur.

Dans tous les cas, les tuyaux d'ascension et d'aspiration sont placés sur la même verticale et séparés par la chapelle; ils sont munis à leurs points de jonction avec celles-ci de soupapes s'ouvrant de bas en haut; le corps de pompe est latéral et communique avec la chapelle par un tuyau horizontal très court.

Dans les pompes à piston plein remplissant la section entière du corps de pompe, ce dernier est alésé et ouvert à l'une de ses extrémités, ordinairement à la partie inférieure; il n'agit alors qu'en remontant; la tige du piston traverse alors le fond supérieur du corps de pompe dans une boîte à étoupes.

Dans les pompes à piston plongeur, le corps de pompe n'est pas alésé; l'une de ses extrémités est en communication avec la chapelle, et l'autre se termine par une boîte à étoupes dans laquelle joue un piston cylindrique plein alésé à l'extérieur et d'un diamètre de quelques centimètres plus faible que celui du corps de pompe.

Pour alléger le piston plongeur, on le forme ordinairement avec un cylindre creux en bronze fermé à ses extrémités par des fonds reliés par une tige en fer, fixée à la tige motrice, ou par une tige en bois qui le remplit exactement et qui y est solidement serrée. Suivant la disposition du corps de pompe, le piston plongeur refoule l'eau soit en montant soit en descendant. Ces pompes présentent de grands avantages sur les pompes élévatoires, ce qui rend de jour en jour leur usage plus fréquent.

Lorsque les eaux des mines sont corrosives, ce qui arrive fréquemment, il convient d'employer des corps de pompes en bronze, et d'imprégner, comme nous l'avons dit, d'huile siccative, les tuyaux en fonte destinés à former les colonnes pour l'aspiration et l'ascension des eaux. Lorsqu'on emploie des pompes à piston plongeur, on double alors souvent l'intérieur du corps de pompe avec des douves en bois.

La maîtresse-tige des pompes, à laquelle les tiges de celles-ci sont fixées au moyen de potences, lorsque les pompes sont placées en cascade, ou la tige elle-même dans le cas où l'on élève l'eau d'un seul jet du fond de la mine jusqu'au jour ou jusqu'au niveau de la galerie d'écoulement, est ordinairement en bois, et quelquefois en fer forgé lorsqu'elle doit agir en tirant. Son diamètre va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la surface, à cause de son poids considérable. On la contre balance souvent au moyen de balanciers et de contre-poids; lorsque le même puits renferme deux colonnes de pompes et deux maîtresses-tiges, on relie souvent celles-ci à divers niveaux par des balanciers, de manière à décharger les parties supérieures. Enfin, pour prévenir les accidents qui pourraient provenir de la rupture d'une maîtresse-tige; on la munit de distance en distance d'appendices ou *patins* assez rapprochés les uns des autres, et qui, lorsque la maîtresse-tige arrive au bas de sa course, arrivent presque en contact avec des planches en bois superposées et portées par un fort massif en charpente, qui servent, en cas de rupture, à détruire toute la vitesse acquise par la partie inférieure de la maîtresse-tige.

On emploie, pour mouvoir les tiges des pompes, des roues hydrauliques, des machines à colonne d'eau ou des machines à vapeur.

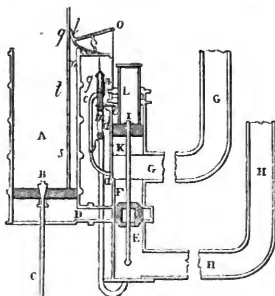
Les roues hydrauliques sont ordinairement des roues prises en dessus et placées à la surface et à une certaine distance des puits où se trouvent les pompes, auxquelles on transmet alors le mouvement par le moyen d'une ligne de tirants en bois, supportés par des rouleaux tournant sur leurs axes, ou suspendus de distance en distance à des tiges en fer équidistantes d'une longueur assez considérable et mobiles autour de leur autre extrémité; ou enfin, communiquant les uns aux autres au moyen de varlets, leviers coudés oscillant autour d'un axe horizontal. Ces divers moyens consomment une portion considérable de la force à transmettre, lorsque la distance à parcourir est un peu grande. Nous sommes convaincus qu'on diminuerait cette perte dans une très forte proportion, dans ce cas, en plaçant une poulie sur l'axe de la roue motrice, laquelle poulie communiquerait le mouvement de rotation continu à une seconde poulie placée près du puits des pompes, au moyen d'un câble sans fin soutenu de distance en distance par de petits rouleaux mobiles sur leur axe. La seconde poulie mettrait les maîtresses-tiges en mouvement au moyen d'une bielle horizontale et d'un levier coudé à angle droit, ou d'une bielle verticale et d'un balancier.

On établit souvent les roues hydrauliques souterrainement, lorsque la chute d'eau motrice est produite par un cours d'eau qui coule à la surface, ou dans une galerie percée à un niveau supérieur à celui de la galerie d'écoulement par laquelle l'eau s'échappe, après avoir agi sur la roue. Le mouvement est alors transmis aux

tiges des pompes par des tirants établis dans des galeries souterraines creusées exprès pour les recevoir. Lorsque les chutes d'eau sont considérables, on les utilise quelquefois au moyen d'une série de roues hydrauliques placées à différents niveaux, mais il vaut mieux dans ce cas employer des machines à colonne d'eau.

Les *machines à colonne d'eau* dont l'invention est due à Bélidor (Architecture hydraulique, tome 2, paru en 1739), mais dont la première, encore très imparfaite, ne fut exécutée que dix ans plus tard, par Hœll, à Schemnitz en Hongrie, ont beaucoup de ressemblance avec les machines à vapeur; les effets dus à la pression de la vapeur, dans ces dernières machines, sont produits, dans les machines à colonne d'eau, par la pression de l'eau venant d'un réservoir supérieur et qui est amenée dans le cylindre, entre le fond de ce cylindre et le piston, par un tuyau de chute. Lorsque le piston pressé par l'eau motrice a terminé son excursion, l'eau s'écoule par une issue qui lui est ouverte dans un tuyau de décharge. L'incompressibilité de l'eau exige que les mouvements du piston soient beaucoup plus lents que dans une machine à vapeur, et que l'on prenne certaines précautions pour l'ouverture et la fermeture des tuyaux d'admission et d'évacuation de l'eau; aussi fait-on rarement des machines à colonne d'eau à double effet; elles sont presque toujours à simple effet. On accouple quelquefois deux machines à colonne d'eau à simple effet, dont les pistons s'équilibrent mutuellement; à cet effet, les tiges de ces pistons sont liées par une tige articulée à maillons en fer, qui se plie sur une poulie dont le diamètre est égal à l'intervalle des axes des deux cylindres.

Nous nous bornerons à décrire ici l'une des belles machines à colonne d'eau établies à Huelgoat et Poullaouen en Bretagne, par M. l'ingénieur en chef des mines Juncker. Cette machine est établie à 110^m environ au-dessous de la surface du sol; son cylindre A (fig. 1856) est en fonte et ouvert par le haut : il a 1^m,03 de dia-



1856.

mètre et 2^m,75 de hauteur. Le piston B est en bronze et n'a qu'une seule garniture en cuir; sa course est de 2^m,30, et il en fait jusqu'à 5 1/2 par minute; à son centre est adaptée une tige en fer C, qui traverse la base du cylindre, dans une boîte à étoupes, et qui descend verticalement jusqu'au fond du puits, où elle s'adapte immédiatement au piston d'une pompe qui y est établie, et qui élève d'un seul jet les eaux à une hauteur verticale de 230^m. Au bas du cylindre se trouve le tube D, par lequel entre l'eau motrice destinée à soulever le piston, et par lequel elle sort ensuite lorsqu'il descend. Un autre piston E, qui oscille dans la boîte cylindrique F, met alternativement ce tube en communication avec le tuyau de chute aboutissant en G, et avec le tuyau de décharge H, lequel, se recourbant verticalement, remonte l'eau à 14^m d'élévation jusqu'à la galerie d'écoulement. Cette colonne d'eau de 14^m de hauteur, constitue un véritable balancier hydraulique dont on se sert pour équilibrer en presque totalité l'énorme poids de la tige du piston, lequel est de 16,000^k environ.

La pièce principale de la régulation est le piston régulateur E; c'est un cylindre creux en bronze, parfaitement tourné et poli; sa hauteur qui est triple de celle de la tubulure D, est divisée en trois parties; celle du milieu, ayant un peu plus du tiers de la hauteur, est unie à sa surface extérieure; les deux autres sont cannelées, et portent chacune huit cannelures dont la profondeur, d'abord nulle, augmente à mesure que l'on approche de leur base respective, de sorte que leur coupe verticale est un triangle. Supposons maintenant que le piston B soit au bout de sa course, et que le régulateur, se trouvant au milieu de sa marche descendante, bouche entièrement la tubulure et qu'il continue à descendre, comme l'indique la figure 1856. L'eau, qui est sur la tête du régulateur, sous la pression de la chute entière, passant d'abord par le bas des cannelures, ne commencera à arriver, sous le piston, qu'en très petite quantité, et elle ne le poussera en haut qu'avec une vitesse extrêmement faible: l'affluence de l'eau, et par suite la vitesse, augmenteront peu à peu, et elles seront à leur maximum lorsque la base du régulateur, toujours en descendant, se trouvera au niveau du bord inférieur de la tubulure; le piston B sera alors au milieu de sa course ascensionnelle. Dans ce moment, le régulateur, par l'effet d'un mécanisme dont nous parlerons plus loin, prendra une marche ascendante, et il rétrécira les orifices d'entrée de l'eau dans le même rapport qu'il les avait ouverts en descendant; de sorte qu'au milieu de sa marche il bouchera entièrement l'ouverture, il n'arrivera plus d'eau dans le cylindre, et le piston B, qui a atteint le haut de sa course s'arrêtera. Le régulateur continuant à monter, ses cannelures inférieures se présenteront peu à peu devant la tubulure; l'eau qui est dans le cylindre, pressée par le poids du piston et de son attirail, sortira par ces cannelures et gagnera le tuyau d'émission H, et le piston B commencera à descendre très lentement; puis il ira de plus en plus vite jusqu'à ce que le régulateur soit au bout de sa course; il redescendra alors, et il diminuera l'émission de plus en plus jusqu'à la rendre nulle. Il suit de là, que la vitesse du piston, soit en montant, soit en descendant, est d'abord extrêmement petite; qu'elle augmente ensuite graduellement jusqu'au milieu de la course; qu'au-delà, elle diminue peu à peu jusqu'à la réduire à zéro. De cette manière on a évité toute action brusque et toutes secousses, à tel point que se tenant tout près de la machine, on n'entend pas le moindre bruit et on ne perçoit pas la moindre vibration.

Pour contrebalancer l'effort que la colonne d'eau motrice exerce sur la tête du piston régulateur E, on a établi, immédiatement au-dessus, un autre piston I, qui se meut dans la boîte K, d'un diamètre un peu plus grand que celui de la boîte F, et qui est lié avec le premier par une tige en fer. De cette manière, l'eau contenue et pressée dans les boîtes exercera sur le piston I, et de bas en haut, un effort un peu plus grand que celui qu'elle exerce, de haut en bas, sur le piston E; par suite le système des deux pistons tendra à monter et se tiendra naturellement au haut de la course commune. Pour le faire descendre on a surmonté le piston I d'une autre boîte cylindrique renversée L, et de façon qu'il y ait un vide annulaire entre sa paroi extérieure et la paroi intérieure du cylindre K; une garniture en cuir établie au haut de ce cylindre ferme la partie supérieure

du vide. Enfin, le cylindre K communique par le tuyau coudé *a b c*, avec le tuyau rectiligne *gh*; dans ce dernier se meuvent deux petits pistons *m* et *n*, liés et disposés entre eux comme le sont E et I. L'eau qui est dans le cylindre K, entre par l'orifice *a*, suit le tuyau *abc*, puis *cd*, traverse le petit tube de communication *de*, débouche dans le vide annulaire qui est tout autour de la boîte L, le remplit, et agit alors, sous la charge entière de la colonne de chute sur le bord annulaire de la surface supérieure du piston I; cet effort, se joignant à celui qui s'exerce sur la tête du régulateur E, dépasse celui qui a lieu de bas en haut sur le piston I, et le système descend. Si, après que la descente est effectuée, on élève et place le petit piston *m* entre les orifices *c* et *d*, la communication entre la colonne de chute et l'espace annulaire est interceptée, l'effort exercé à la surface supérieure du piston I n'existe plus, et le régulateur remonte. Ainsi pour le faire monter ou descendre, il suffit de porter le petit piston *m* au-dessus ou au-dessous de l'orifice *d*. La force nécessaire à cet effet sera peu considérable, l'effort que le fluide exerce sur ce piston étant en grande partie équilibré par celui qui a lieu en sens inverse sur le piston *n*. — Lorsqu'on met la machine en mouvement, c'est le machiniste lui-même qui, prenant en main le levier *l o*, porte successivement le piston *m* à la place convenable. Mais ensuite c'est le grand piston B qui continue ce travail. A cet effet, près d'un de ses bords, on a implanté la tringle *pq* portant deux cames *s* et *t*, fixées sur deux de ses faces opposées. Elles agissent sur deux mentonnets placés également sur deux faces opposées du secteur adapté à l'extrémité *l* du levier *lo* : lorsque le piston monte, une des cames lève le levier et par suite les petits pistons; il les baisse dans sa descente.

Ces cames peuvent être fixées sur différents points de la tringle *pq*, et suivant qu'elles sont plus ou moins espacées, la course du grand piston est plus ou moins longue. On fait encore varier cette course en ouvrant plus ou moins les robinets *b* et *f*, par lesquels l'eau entre dans l'espace annulaire ou en sort. On a encore, dans le tuyau de chute, ainsi que dans celui d'émission, une valve circulaire ou registre à l'aide duquel on rétrécit à volonté le passage de l'eau affluente, et celui de l'eau affluente : le rétrécissement du premier diminue la vitesse ascensionnelle du piston, et celui du second diminue la vitesse descensionnelle.

Au lieu du moyen de régulation si parfait que nous venons de décrire, on employait autrefois dans toutes les machines à colonne d'eau, et on se sert encore fréquemment dans celles de faibles dimensions, et où par conséquent il n'est pas indispensable de prévenir toute espèce de vibration, provenant du jeu de la machine, de régulateurs à marteau analogues à ceux employés dans les machines à vapeur de Newcomen, et même encore plus simples, lesquels manœuvrent des soupapes ou le plus souvent des robinets qui ouvrent et ferment les orifices d'admission et d'évacuation de l'eau.

Dans la plupart des cas et surtout dans l'exploitation des gîtes de combustibles minéraux, on emploie, pour l'épuisement des eaux, des pompes mues par des machines à vapeur. Ces dernières sont de constructions très diverses, à simple ou à double effet; celles qui conviennent le mieux dans ce cas sont les machines à simple effet, à moyenne pression, à détente et à condensation, qui ont été décrites avec détail à l'article MACHINE A VAPEUR.

Levé des plans de mines.

Les mines de quelque étendue ne peuvent être bien exploitées qu'à l'aide de plans exacts : nous avons indiqué au mot LEVÉ DES PLANS, les divers procédés que l'on suit pour exécuter ces plans, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Coup d'œil statistique sur les principales mines du monde.

Sous le rapport de leur gisement, on peut diviser les mines en trois grandes classes : 1° Mines situées dans les terrains antérieurs au terrain houiller; 2° mines des formations secondaires et tertiaires; et 3° mines situées dans les terrains d'alluvion.

1° Mines des formations antérieures au terrain houiller.

MINES DES CORDILIÈRES. Nous trouvons successivement en allant du sud au nord, dans le Chili, et surtout dans la province de Coquimbo, des minerais d'argent et une quantité considérable de minerai de cuivre très riche, dont une grande partie est exporté et acheté par des Anglais, qui le traitent dans des usines situées aux environs de Swansea.

Plus au nord, on trouve le fameux district des mines d'argent du *Potosi*, sur le versant est de la chaîne des Andes, à 20° de latitude, et plusieurs autres districts très riches, qui faisaient autrefois partie du Pérou, mais qui sont actuellement réunis à la République Argentine. Les mines du Potosi ont été découvertes en 1545, et ont donné depuis cette époque pour plus de 6.000.000.000 de francs d'argent. La teneur en argent du minerai a diminué à mesure que les mines devenaient plus profondes, et depuis le dernier siècle elle est réduite à 0,0003 ou 0,0004. La République Argentine renferme en outre quelques mines de plomb, de cuivre, et d'étain.

Le Pérou renferme des mines importantes de mercure, d'or et d'argent; il y existe aussi des mines de sel gemme près des mines d'argent de Huantajaya, et quelques mines de cuivre.

La mine de mercure de *Huancavelica* est située sur le versant est des Andes, à 13° de latitude, et à environ 2.000ᵐ au-dessus du niveau de la mer; elle a alimenté pendant longtemps toutes les usines d'amalgamation du Nouveau-Monde.

Les districts de Huailas et de Pataz renferment deux mines d'or disséminé dans des filons de quarz; le premier de ces districts renferme aussi des mines de plomb.

Les mines d'argent du Pérou sont principalement situées dans les districts de Huantajaya, Pasco et Chota.

Les mines de la province de Chota produisent annuellement environ 17.000ᵏ d'argent; les plus importantes sont celles de Gualcayoc, près Mecuicampa, à plus de 4.000ᵐ au-dessus du niveau de la mer, et qui furent découvertes en 1771. Le minerai est composé de sulfure et d'antimonio-sulfure d'argent, avec argent natif, disséminés en veines dans les couches calcaires ou quarzeuses.

Les mines du district de Pasco, à 150 kilomètres au nord de Lima, et à 4.400ᵐ au-dessus du niveau de la mer, furent découvertes en 1630. Le minerai est une masse terreuse renfermant beaucoup d'oxyde de fer qui la colore en rouge, avec argent natif, chlorure d'argent, etc., et porte le nom de *Pacos*; la teneur moyenne en argent est de 0,0008. Ces dépôts argentifères paraissent s'étendre à une faible profondeur, car la plupart des mines n'ont que 50 à 90ᵐ de profondeur. Au commencement de ce siècle ces mines produisaient annuellement 100.000ᵏ d'argent.

En continuant à remonter vers le nord, nous trouvons quelques mines d'or dans la province d'Antioquia et les monts Guamoco. La province de Caracas, renferme à Aroa une mine de cuivre qui produit annuellement de 700 à 800ᵗ·ᵐ· de cuivre. Enfin, il existe une mine de sel gemme très considérable à Zipaquira, dans la province de Santa-Fé, et une mine de charbon de terre, dans la province de Santa-Fé-de Bogota, à 2.700ᵐ au-dessus du niveau de la mer.

Le Mexique renferme plus de 3.000 mines d'argent, situées sur les flancs des Cordillières à une hauteur de

2.000 à 3.000^m, et peut être divisé en huit groupes métallifères :

1° Le groupe d'Oaxuaca, au sud, qui contient outre des mines d'argent, des veines aurifères qui traversent le gneiss et le schiste micacé;

2° Le grouge de Tasco, à 90 kilom. au S.-E. de Mexico;

3° Le groupe de Biscania, à 80 kilom. N.-E. de Mexico; il est peu étendu, mais il renferme quelques mines très riches, Pachuca, Réal-del-Monte, et Moram;

4° Le groupe de Zimapan, à 160 kilom. N.-E. de Mexico; outre de nombreuses mines d'argent, il renferme d'abondants dépôts de minerai de plomb, et quelques mines de sulfure jaune d'arsenic;

5° Le groupe de la nouvelle Gallicie, à 400 kilom. N.-O. de Mexico; renferme les riches mines du district de Balanos;

6° Le groupe de Durango et Sonora, à 600 kilom. N.-N.-O. de Mexico;

7° Le groupe de Chinuahna, à 400 kilom. N. de Durango; très étendue comme le précédent et de faible importance;

8° Le groupe central qui renferme les célèbres districts de Guanaxuato, Zacatecas, Catorce et Sombrerete.

Le district de Guanaxuato ne renferme qu'un filon de 43 à 48^m d'épaisseur, dans le schiste argileux, reconnu et exploité sur une longueur de plus de 13.000^m; il produit annuellement 150.000^k d'argent, et une seule des dix-neuf mines qui l'exploitent, celle de *Valenciana*, en produit 40.000^k; depuis 1764, époque de sa découverte, elle n'en a jamais produit moins de 10 à 15.000^k par an. Ces mines atteignent des profondeurs de 5 à 600^m.

Le district de Zacatecas ne présente également qu'un seul filon, dans la grauwacke, exploité par plusieurs mines.

Les mines du district de Catorca sont dans le calcaire; l'une d'elles, qui a 650^m de profondeur, rendait annuellement 27.000^k d'argent à la fin du siècle dernier. Il y a aussi, dans ce district, des mines d'antimoine.

Enfin, ce groupe renferme aussi des minerais d'étain d'alluvion près du mont Gigante, et des mines de cuivre, produisant annuellement 2.000$^{q.m.}$ de cuivre, dans les provinces de Valladovid et Guadalaxara.

La teneur en argent des minerais du Mexique est très variable : elle est en moyenne de 0,0018 à 0,0025; on traite les plus riches par fusion, et le reste qui forme la majeure partie, par amalgamation. L'argent que l'on obtient contient toujours de l'or, 0,003 environ.

MINES DES MONTAGNES ROCHEUSES. La Californie renferme des mines et alluvions aurifères, découverts en 1847, qui produisent actuellement environ 50,000 kil. d'or, et des mines de mercure.

MINES DES MONTS ALLEGANYS. La chaîne des monts Alleganys qui traverse les États-Unis d'Amérique, renferme un grand nombre de mines de cuivre, plomb et fer, mais dont l'exploitation n'a encore pris que très peu de développement. Elle présente également de nombreux gîtes d'anthracite activement exploités.

MINES D'ESPAGNE. Parmi ces mines nous citerons les mines de cuivre de *Rio-Tinto*, les nombreuses mines de plomb des environs d'*Almeira* et d'*Adra*, dans la *Sierra de Gador*, qui produisent annuellement 300.000 q. m. de plomb et les riches mines d'argent récemment découvertes dans les environs de *Carthagène*.

MINES DES PYRÉNÉES. Les Pyrénées ne renferment guère, que des mines de fer oligiste ou de fer carbonaté spathique, parmi lesquelles nous citerons celles de *Sommorostro*, en Biscaye, et celles de *Rancié*, dans le département de l'Ariége. Ces mines alimentent de nombreuses forges catalanes.

MINES DES ALPES. Les diverses mines que l'on rencontre dans les Alpes, sont : quelques mines peu importantes de pyrites aurifères au pied du mont Rose, dans le Piémont, dans le pays de Salzbourg, et aux environs de *Zell*, dans le Tyrol; les mines de cuivre d'*Agordo* non loin de Venise, d'*Allagne* et d'*Ollemont* en Piémont, et de *Saint-Georges d'Huretières* en Savoie; les mines d'argent d'*Allemont* et de *Chalanches* dans l'Oisans, département de l'Isère, qui sont abandonnées depuis la fin du siècle dernier; les mines de plomb et argent de *Macot* et de *Pesey* : sous l'empire, on avait établi une école pratique des mineurs dans cette dernière localité; et enfin, de nombreuses mines de fer carbonaté spathique, qui alimentent un grand nombre d'usines, en Carinthie, en Styrie, en Savoie, et aux environs d'*Allevard* et de *Rives*, dans le département de l'Isère. Nous citerons encore les mines de fer oxydulé de *Cogne* et *Traverselle*, dans le Piémont, celles de fer oligiste de l'île d'Elbe, et, en Toscane, les fameuses mines de cuivre de *Monte-Catini*.

MINES DU CENTRE DE LA FRANCE. Les principales de ces mines sont : les mines de plomb et argent, de *Villefort* et *Vialas*, dans le département de la Lozère, qui produisent annuellement environ 600 kil. d'argent et 1.500 q. m. de plomb et litharges marchandes; les mines de plomb et argent de *Pontgibaud*, dans le Puy-de-Dôme, qui produisent annuellement environ 650 kil. d'argent et 1.000 q. m. de plomb et litharges marchandes; les mines de cuivre de *Chessy* et de *Sainbel*, dans le département du Rhône, qui produisaient, il y a une vingtaine d'années, 2.000 q. m. de cuivre par an, et qui n'en produisent plus guère actuellement que 300 ou 400 q. m.; de nombreuses mines d'antimoine dans les départements du Gard, de la Lozere et du Puy-de-Dôme, et enfin de nombreux filons de manganèse, parmi lesquels nous citerons ceux de *la Romanèche*, dans le département de Saône-et-Loire.

MINES DE LA BRETAGNE. Les seules mines métalliques importantes de la Bretagne sont celles de plomb et argent de *Poullaouen* et *Huelgoat*, qui renferment de la galène argentifère et des terres rouges argentifères, et qui produisent annuellement 1.200 à 1.300 kilogrammes d'argent, et 5.000 à 6.000 q. m. de plomb et litharges marchandes. Ces mines, dont l'exploitation porte sur 3 filons encaissés dans la grauwacke schisteuse, ou dans des schistes de transition, sont remarquables par trois machines à colonne d'eau de la force de 200 chevaux chacune, que nous avons décrites plus haut, page 2689, et qui ont été établies par M. *Juncker*.

On trouve, en outre, dans les terrains de transition de la Bretagne et dans leur prolongement dans les départements environnants, des gîtes puissants d'anthracite, lequel sert surtout à la cuisson de la chaux.

MINES DES VOSGES DE LA FORÊT-NOIRE. Les principales mines des Vosges et de la Forêt-Noire sont les suivantes :

La mine de *La Croix-aux-Mines*, dans le département des Vosges, est établie, sur un énorme filon, presque vertical, dirigé du nord au sud, et encaissé dans le gneiss sur le versant occidental des Vosges. Sa puissance est souvent de 50^m et s'élève parfois à 80^m, et il a été reconnu sur une longueur de 13.000^m. Le minerai se compose d'argent natif, d'argent antimonial et d'argent rouge associés à la galène argentifère qui forme la masse métallique dominante, etc.; on y trouve aussi du cuivre gris qui contient jusqu'à 0,02 d'argent. Ces minerais se trouvent tantôt disséminés, tantôt disposés en veines, en amas ou en rognons, dans une gangue composée de la roche même de la montagne chargée de quarz et de minerai de fer. Ce gîte est, sans contredit, le plus considérable qui ait été exploité en France; par son étendue et par sa richesse, il est en tout comparable aux puissantes mines exploitées depuis quatorze

siècles dans le Hartz. Il fut découvert en 1315, et exploité depuis jusqu'à la fin du dix-septieme siècle avec de grands bénéfices; vers 1581, l'exploitation produisait un bénéfice annuel d'environ 750.000 fr. Interrompue par suite des guerres qui signalèrent la fin du dix-septième siècle, ces mines furent reprises plusieurs fois, et bientôt après abandonnées, tantôt par suite d'une exploitation mal dirigée, tantôt par manque de capitaux suffisants : elles sont actuellement abandonnées, cependant le gîte est loin d'être épuisé et renferme encore de grandes richesses.

Les mines de *Sainte Marie-aux-Mines*, dans le département du Bas-Rhin, renferment des filons très nombreux, encaissés dans le terrain de gneiss où il affectent des positions très variées : les filons les plus importants et les plus riches courent, pour la plupart, du N. au S.; les minerais les plus abondants sont un cuivre gris, tenant 0,0100 d'argent, et de la galène argentifère. L'exploitation de ces mines remonte au moins au dixième siecle; à l'époque de leur grande prospérité, vers le milieu du seizième siecle, elles produisaient annuellement 1 625k d'argent, et occupaient plus de 3.000 ouvriers. Abandonnée lors de la guerre de 30 ans, l'exploitation fut reprise avec succès en 1712. En 1735 elle produisait 1.110k d'argent, 16.670k de cuivre et 111.100k de plomb. Plus tard, ces mines commencèrent à déchoir, et de 1805 à 1833, diverses compagnies tentèrent inutilement de les relever. Néanmoins, des recherches plus récentes sembleraient indiquer qu'elles présentent des chances favorable de reprise.

Les mines de *Giromagny*, dans le département du Bas-Rhin, renferment de nombreux filons encaissés dans le terrain de porphyre brun et dirigés du N. au S. Leur puissance est peu considérable; la gangue est principalement composée de quarz, de chaux carbonatée lamellaire, de chaux fluatée et de baryte sulfatée; les minerais, énumérés suivant l'ordre d'abondance, sont la galène argentifère, le cuivre pyriteux et le cuivre gris argentifère; on y rencontre aussi de la pyrite aurifère. Ces mines ont donné lieu jusqu'à la révolution française à une exploitation très productive. Elles ont été abandonnées depuis; cependant, elles sont loin d'être épuisées, et leur exploitation paraît pouvoir être reprise avec avantage; elles viennent d'être de nouveau concédées en 1843.

Les Vosges renferment encore d'abondantes mines de fer, parmi lesquelles nous citerons celles de *Framont* et de *Rothau*.

A l'étranger, les Vosges renferment les mines de plomb, en grande partie phosphaté, d'*Erlenbach* et de *Katzenthal*, les mines de manganèse de *Cruttnich* et de *Tholey*, au nord de Sarrebrück, renommées pour la qualité de leurs produits, et de nombreuses mines de fer.

Enfin, les montagnes de la Forêt-Noire, renferment de nombreuses mines de plomb argentifère, parmi lesquelles nous citerons celles de *Badenweiler* et de *Hochberg*, et aux environs de *Wolfach*, particulièrement à *Wittichen*, des mines de cuivre, cobalt et argent.

MINES DES ARDENNES ET DES BORDS DU RHIN. Les principales d'entre ces mines sont : les mines de cuivre de *Rheinbreitenbach* et de *Dillenbourg*; les mines de plomb et argent de *Alzau*, *Berncastle*, *Ems*, *Holzappel*; et les nombreuses mines de fer oligiste et de fer carbonaté spathique des pays de Nassau, de Siegen, etc.

MINES DU HARTZ. Le Hartz est un pays très peu étendu qui s'étend autour du *Brocken*, montagne granitique qui a traversé un terrain de grauwacke, lequel s'enfonce lui-même sous le calcaire de transition. Les nombreux filons que l'on y trouve courent généralement du N.-O. au S.-E., et plongent au S.-O. sous un angle de 8°. Les environs d'*Andréasberg*, de *Clausthal*, de *Zellerfeld* et de *Lautenthal*, renferment de nombreuses mines de galène argentifère, de minerais d'argent proprement dits et de minerai de cobalt. Les mines de *Rammelsberg* et de *Lauterberg*, renferment du cuivre pyriteux qui donne lieu à une exploitation très active. On trouve en outre au Hartz, beaucoup de mines de fer qui alimentent un certain nombre de hauts-fourneaux.

MINES DE L'EST DE L'ALLEMAGNE. Sous ce nom nous classerons les mines de l'Erzgebirge, du Fichtelgebirge, du Bœhmerwaldgebirge et du Riesengebirge.

L'*Erzgebirge* renferme un grand nombre de mines métalliques; les principales sont :

En Saxe :

Les fameuses mines de plomb, cuivre et argent de *Freiberg*, qui sont divisées en quatre districts et plus de quatre cents mines, et qui produisent annuellement, outre une certaine quantité de plomb et de cuivre, 11.000k environ d'argent, dont 1/3 à 1/2 vient de l'usine d'amalgamation ;

Les mines d'argent de *Ehrensfriedersdorf*, *Johann-Georgenstadt*, *Marienberg*, *Annaberg*, *Oberwiesenthal* et *Schneeberg*; ces trois dernières localités fournissent aussi une certaine quantité de minerai de cobalt; enfin c'est de *Schneeberg* que provient la petite quantité de bismuth que consomme annuellement le commerce ;

Les mines d'étain d'*Altenberg*, *Geyer*, *Seiffen*, etc., et de nombreuses mines de fer;

En Bohême :

Les mines d'argent et de cobalt de *Joachimsthal*, presque entièrement épuisées aujourd'hui; les mines de cuivre de *Katherinenberg*; les mines d'étain de *Zinnwald* et de *Schlaggenwald*, et de nombreuses mines de fer ;

Le *Fichtelgebirge* ne renferme guère que des mines de fer.

Entre cette chaîne de montagne et Prague, on trouve de nombreuses mines de fer oligiste en filons, les mines de plomb de *Mies* et la mine de plomb argentifère de *Przibram*, l'une des plus importantes de l'Europe, et qui produit annuellement environ 7.000 kil. d'argent et 10.000 q. m. de plomb ou de litharges marchandes.

Dans le *Bœhmerwaldgebirge*, on trouve quelques mines d'argent aux environs d'*Iglau*; et, près de Krumau, d'importantes mines de graphite, qui en produisent annuellement de 15 à 20,000 q. m.

Dans le *Riesengebirge*, on trouve les mines de cuivre argentifère autrefois très florissantes de *Rudolstadt* et de *Kupferberg*, et la mine de pyrite arsenicale, traitée comme minerai d'arsenic, de *Reichenstein*.

MINES DE HONGRIE ET TRANSYLVANIE. Ces mines forment quatre groupes principaux :

1° Le groupe du N.-O. qui renferme les districts de Schemnitz, Kremnitz, Kœnigsberg, Neusohl, et les environs de Schmœllnitz, Bethler, Rosenau.

Le gisement de *Schemnitz* est tout à fait analogue à ceux de l'Amérique du sud. Il consiste en filons parallèles, en général d'une grande puissance et d'une teneur très variable, dans un porphyre dioritique. Ils renferment du quarz, de la chaux carbonatée ferrifère, de la baryte sulfatée, du sulfure d'argent, de l'argent natif, et de la galène argentifère. Tout le minerai est traité par fusion. Les galènes pauvres sont traitées pour plomb, et donnent du plomb qui est employé dans les usines de Kremnitz, Neusohl et Schernowitz, au traitement par imbibition des minerais d'argent. L'argent que l'on retire des mines de Schemnitz, renferme en moyenne 1/30 d'or.

La ville de *Kremnitz* est à 20 kilom. N.-N.-O. de Neusohl. Le minerai analogue à celui de Schemnitz est plus quarzeux et renferme une plus forte proportion d'or : on y trouve aussi des minerais d'antimoine.

A 25 kilom. au N.-N.-E. de Schemnitz, on trouve les mines de cuivre argentifère de *Neusohl* et *Herrengrund*. Le cuivre qu'on en retire contient 0,004 d'argent.

A 40 kilom. à l'est de Neusohl, on trouve de très

nombreuses mines de fer et de cuivre, aux environs de Bethler, Schmœllnitz, Einsiedel, Rosenau, etc. Le cuivre qu'on en retire renferme 0,004 à 0,005 d'argent. Près de Zalathna, il y a une mine de mercure, et une autre d'antimoine près de Rosenau. Enfin, il existe des mines d'opale dans le conglomerat trachytique de Czervenitza.

2° Le groupe du N.-E. renferme un grand nombre de mines dont les plus importantes sont celles de *Nagybania, Kapnick, Felsœbanya*, Misbanya, Laposbanya, Olaposbanya et Ohlalapaz. Toutes ces mines renferment de l'or. Celles de Laposbanya renferment, en outre, de la galène argentifère; on trouve du cuivre à Olaposbanya et à Kapnick, du réalgar à Felsœbanya et de l'orpiment à Ohlalapos. Quelques-unes donnent du manganèse et de l'antimoine. Enfin, on trouve l'importante mine de fer de *Borscha* dans le cercle de Marmarosch, et les mines de plomb et de zinc de Radna sur les frontières de la Buckowine.

3° Le groupe de l'Est, dont les principales mines sont celles de *Nagyag*, Korosbanya, etc. Elles produisent toutes des minerais aurifères, principalement des tellurures, qui sont fondus à la fonderie de Zalathna. Ces mines contiennent aussi de la galène argentifère, du cuivre, du zinc, de l'antimoine, du réalgar et du manganèse. Il y a d'abondantes mines de fer en couches près de Vayda-Huniad et de Gyalar.

4° Le groupe du S.-E. ou du Bannat, dont les principales mines sont à Orawitza, Moldawa, Szoska et Dognaacza. Elles produisent principalement du cuivre tenant 0,005 d'argent et quelquefois un peu d'or. On y trouve aussi des minerais de plomb et de zinc. Il y a des mines de fer importantes à Dombrawa et Ruchersberg; près de Dombrawa, on trouve également du cinabre. Enfin, ce pays renferme quelques mines de cobalt.

Outre les mines ci-dessus, la Hongrie renferme quelques mines de houille, de nombreuses mines de sel gemme, et des alluvions aurifères sur les bords du Danube, etc.

MINES DE L'ALTAÏ. Les mines de l'Altaï ne datent que du milieu du siècle dernier. La plus importante est la mine d'argent de *Zméof;* nous citerons encore celles de Sménofski, Nicolaiski et de Philipofski.

Parmi les autres mines nous citerons les mines de cuivre d'Alciski-Lofteski, et celles de plomb, cuivre et zinc de Tchakirskoy.

MINES DE L'OURAL. Sur les deux versants des monts Ourals, qui séparent l'Europe de l'Asie, on trouve de nombreuses mines de fer oligiste et de fer oxydulé, dont le rendement est rarement au-dessous de 50 à 60 p. 100 de fonte, et qui alimentent un grand nombre de hauts-fourneaux au charbon de bois.

Il y a aussi dans le district d'Ekatherinbourg et surtout sur le versant Est de la chaîne de l'Oural, de nombreuses mines de cuivre, renfermant des cuivres natif, oxydé, carbonatés, sulfuré et pyriteux, généralement très riches. Les plus connues de ces mines sont celles de *Tourinsky* à 120 lieues N. d'Ekatherinbourg, et celles de *Goumeschefsky* à 12 ou 15 lieues S.-O. de la même ville.

Enfin, à 3 lieues N.-E. d'Ékatherinbourg, on rencontre la célèbre mine d'or de *Bérésof*, qui consiste en un fer oxydé, hydraté, caverneux, renfermant de l'or natif disséminé, que l'on en sépare en soumettant le minerai au bocardage, puis lavant les sables ainsi obtenus; c'est dans cette mine que l'on a découvert le chrômate de plomb ou plomb rouge, en 1776.

MINES DE LA DAOURIE. La Daourie est un pays montagneux situé près du lac Baïkal, en Sibérie; elle renferme des mines de plomb et argent très importantes, dont le point central est la ville de Kolywan.

MINES DE LA SUÈDE, DE LA NORWÉGE ET DE LA FINLANDE. La Suède ne renferme guère qu'une mine de plomb et argent assez importante, c'est celle de *Sahla*. En revanche, elle renferme plusieurs mines de cuivre, dont la plus célèbre est celle de *Fahlun* ou de *Kopparberg*, qui était déjà exploitée avant l'ère chrétienne, et surtout d'abondantes mines de fer renommées pour l'excellente qualité des fers qu'elles produisent; les provinces les plus riches, sous ce dernier rapport, sont le Lapland, le Smoland, le Wermeland, l'île d'Utoe, et surtout la Rosslagie en Upland, où sont situées les célèbres mines de *Dannemora*. Le minerai de fer est, en général, de l'oxyde magnétique à grain fin et schisteux, en bancs intercalés dans le gneiss ou les schistes de transition les plus anciens. Enfin, la Suède possède plusieurs mines de cobalt très importantes, dont la plus connue est celle de *Tunaberg*, et qui livrent au commerce chaque année une quantité considérable de smalt.

La Norwége renferme des mines d'argent groupées autour de *Kongsberg*, et qui portent sur de l'argent filiforme, quelquefois en grandes masses, et associé avec de l'argent sulfuré; il résulte de ce mode de gisement de grandes variations de richesse; ainsi, le produit annuel qui s'est élevé, en 1768, à environ 9.500^k d'argent, s'est trouvé presque nul au commencement de ce siècle. On trouve en outre en Norwége quelques mines de cuivre, dont la plus importante est celle de *Rœrras*, près Drontheim, et de nombreuses mines de fer oxydulé parmi lesquelles nous citerons celles d'*Arendal*, de *Krageroé*, etc. Enfin, ce pays possède des mines de cobalt assez importantes à *Modum* ou *Fossum*.

En Finlande, on trouve quelques mines peu importantes de cuivre et de fer.

MINES DE LA GRANDE-BRETAGNE. Les terrains de transition anciens de la Grande-Bretagne renferment de nombreuses mines métalliques.

Les comtés de Cornouailles et de Devon sont célèbres, depuis la plus haute antiquité, pour leurs mines de cuivre, étain et plomb; ils produisent annuellement 30.000 q. m. d'étain, 93.000 q. m. de cuivre et 9,000 q. m. de plomb. Les minerais d'étain sont fondus sur place; mais les minerais de cuivre sont expédiés dans le pays de Galles pour y être traités dans les usines qui existent aux environs de Swansea. Le Westmorland renferme quelques mines importantes de cuivre, de fer oligiste, et la fameuse mine de graphite de *Borrowdale;* l'Écosse renferme deux mines de plomb importantes, *Leadhills* et *Strontian*, qui en produisent annuellement 28.000 q. m. On trouve en Irlande quelques mines assez importantes de cuivre, de plomb et de fer. L'île d'Anglesey est célèbre pour ses mines de cuivre. Enfin, la plus grande partie du fer chrômé que consomme le commerce vient des îles Shetland.

Le calcaire métallifère immédiatement inférieur au terrain houiller, et qui constitue plusieurs parties de l'Angleterre, est très riche en minerais de plomb, et y forme trois groupes de mines très importantes. Le premier groupe comprend les comtés du Cumberland, de Durham et d'Yorck, et a pour centre la petite ville d'Alston-Moor; le second groupe renferme le Flintshire, le Denbighshire; et le dernier groupe est formé par le Derbyshire. Il existe, en outre, quelques mines de plomb dans le Shropshire.

2° *Mines des formations secondaires et tertiaires.*

Les mines les plus importantes des formations secondaires sont, sans contredit, celles qui ont pour objet l'exploitation des bassins houillers placés généralement à la partie inférieure des formations secondaires les plus anciennes, et qui ont dû à cette circonstance de devenir presque toujours de grands centres industriels, comme Glascow, Newcastle, Scheffield, Birmingham, Saint-Étienne, etc. En seconde ligne viennent les

mines de lignites presque toujours situées dans l'argile plastique, à la base des terrains tertiaires, et les mines d'anthracite, qui se trouvent souvent dans les terrains métamorphiques et particulièrement dans les Alpes, à *Lamure*, etc. (Voyez HOUILLE).

Dans beaucoup de bassins houillers, on trouve, surtout en Angleterre, des couches de fer carbonaté lithoïde en rognons, qui sont exploitées avec de grands avantages.

Les lignites sont presque toujours accompagnés de schistes bitumineux et pyriteux, qui sont exploités pour en retirer de l'alun et du sulfate de fer.

Le Zechstein et le Muschelkalk contiennent de nombreuses mines métalliques, parmi lesquelles nous citerons les mines de cuivre et argent du *Mansfeld* et de la Hesse: les mines de plomb et argent de *Tarnowitz*, en Silésie; les mines de plomb de *Bleiberg*, près Aix-la-Chapelle, de *Villach*, *Kreuth* et *Bleiberg*, en Carinthie; les mines de zinc de *Raibel* en Carinthie, de *Beuthen* en Silésie, de la *Vieille-Montagne* et du *Stohlberg*, près Aix-la-Chapelle; les mines de mercure d'*Idria* en Carniole, du duché des *Deux-Ponts*, d'*Almaden* en Espagne, et de *Huanca-Velica* au Pérou. Dans les terrains précédents, ou dans les marnes irisées, ou trouve les mines de sel gemme de *Norwich*, en Angleterre; de *Vic* et *Dieuze*, dans le département de la Meurthe; de *Ischel*, *Reichenhall*, dans le Salzbourg; de *Wieliczka* et *Bochnia*, dans la Gallicie, etc.

A la base du terrain néocomien et dans le terrain jurassique, on rencontre de nombreuses couches de fer oxydé hydraté oolithique, qui alimentent une grande partie des usines de l'est de la France.

3° *Mines des terrains d'alluvion.*

Les terrains d'alluvion contiennent, comme nous l'avons déjà dit, des mines très importantes, d'où l'on retire du fer, de l'étain et la presque totalité des pierres précieuses, de l'or et du platine.

TABLE DE LA PRODUCTION DES MINES ET DES USINES FRANÇAISES EN 1846.

NATURE DE L'INDUSTRIE.	Nombre des mines et des carrières exploitées.	Nombre des usines actives.	Nombre des ouvriers employés dans les mines et usines.	PRODUITS.		
				POIDS	VALEUR absolue.	VALEUR créée.
				q. m.	fr.	fr.
Exploitation des combustibles minéraux. . .	268	»	31.752	44.693.420	43.997.140	43.997.140
Extraction de la tourbe.	2.499	»	42.069	5.406.017	5.094.334	5.094.334
Mines et usines à fer, fonte et acier.	1.574	462	54.413	»	»	194.898.624
Mines et usines à cuivre.	2	3	175	»	»	330.540
Mines et usines à plomb et argent.	7	4	1.089	»	»	1.051.646
Mines et usines d'antimoine.	9	5	138	»	»	32.783
Mines et usines de manganèse.	4	3	154	»	»	236.720
Exploitation des bitumes minéraux.	11	11	477	»	»	732.466
Expl. des terres pyriteuses et alumineuses.	15	19	851	»	»	1.707.975
Exploitation du sel marin.	334	»	15.716	»	»	13.645.252
Exploitation des carrières de matériaux de construction, ardoise, argile, etc.	21.794	»	75.396	»	»	41.047.519
Élabor. principale des subst. d'origine minér.	»	15.525	83.657	»	»	165.436.510
TOTAL.	27.014	16.033	306.487	»	»	468.214.209

Bibliographie.

Malgré l'importance que présente l'étude de l'exploitation des mines, eu égard à l'immense développement industriel qui caractérise le siècle où nous vivons, cette étude n'était accessible qu'à un petit nombre de personnes, faute d'un traité qui résumât l'ensemble des connaissances acquises et qui rassemblât, en un seul corps d'ouvrage, les documents épars publiés jusqu'à ce jour. Ce travail vient d'être entrepris et exécuté avec succès par M. *Combes*, successivement professeur d'exploitation des mines à l'École des mineurs de Saint-Étienne puis à l'École des mines de Paris, et nous l'avons consulté plus d'une fois pour la rédaction de cet article. Nous renverrons à ce traité, ceux de nos lecteurs qui désireraient avoir sur ce sujet important des détails plus circonstanciés, détails que les limites de ce Dictionnaire nous ont forcé de supprimer. P. DEBETTE.

MINIUM (*angl.* minium, *all.* mennig). On ne doit pas regarder le minium comme un oxyde particulier du plomb, mais comme un composé de deux atomes de protoxyde et un atome de bi-oxyde de ce métal; il a donc pour formule $2\,Pb\,O + Pb\,O^2$. Celui du commerce renferme constamment des quantités plus ou moins considérables de protoxyde libre, et quelquefois de l'oxyde de cuivre.

Le minium est pulvérulent, rouge jaunâtre, sans saveur ni odeur, susceptible d'être décomposé par la chaleur en protoxyde et en oxygène. A froid, les acides étendus le transforment en protoxyde qui se dissout et en *oxyde puce* ou bi-oxyde insoluble. Si les acides sont concentrés et bouillants, ils le convertissent en sels de protoxyde, et on obtient de l'oxygène. Traité par l'acide hydrochlorique, il est décomposé, et on a du chlorure de plomb, du chlore et de l'eau. A la chaleur de la lampe à alcool, l'hydrogène le ramène d'abord à l'état de protoxyde, puis le réduit si on prolonge la durée de l'expérience. Par la voie sèche, il attaque l'argent en passant à l'état de protoxyde.

On obtient le minium en chauffant le protoxyde de plomb très divisé au contact de l'air. Nous allons, du reste, décrire avec détail la fabrication de cet oxyde important.

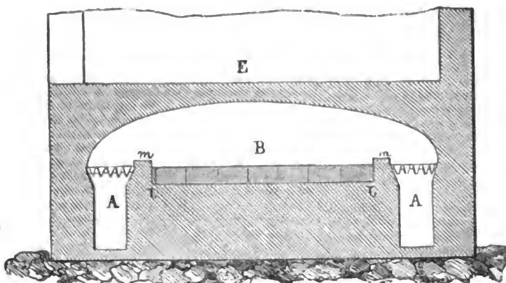
Le fourneau destiné à cette opération est un four à réverbère, à deux chauffes renfermées sous la même voûte, dont les fig. 1857 et 1858 sont deux coupes verticales à angle droit l'une de l'autre; ces chauffes, placées de chaque côté, à la naissance de cette voûte, sont éloignées l'une de l'autre de 1m,45, leur largeur est de 0m,32, et leur longueur de 1m,70; chacune d'elles est séparée de son cendrier A par une grille de fer. Les barreaux de ces grilles doivent laisser entre eux un intervalle qui soit tel que le charbon menu ne puisse passer, et que néanmoins il ne s'y forme pas d'engorgement au point

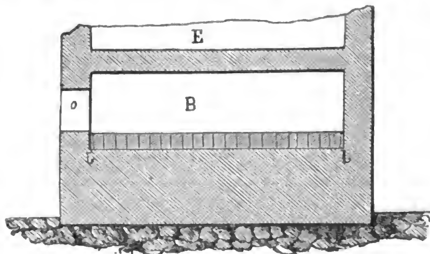
d'intercepter le passage de l'air. L'aire *b b* est pavée avec des briques placées de champ, et que maintient en contact un fort cadre de fer de 0m,03 d'épaisseur sur 0m,10 de largeur. Cette disposition est nécessaire pour s'opposer aux infiltrations du plomb à travers les joints.

Cette aire doit être légèrement concave, afin que le métal en fusion puisse se rassembler au centre. Sa distance au sommet de la voûte est de 0m,40.

La communication avec l'extérieur est établie au moyen de trois ouvertures : l'une moyenne, rectangu-

1857.





1858.

laire, large de 0m,62, haute de 0m,32, par laquelle on introduit le métal qu'on doit soumettre à l'oxydation ; les deux autres latérales, correspondant aux deux chauffes, sont munies de portes en fer *à demeure ;* toutes les trois se trouvent placées sous une grande cheminée commune.

Le dessus de la voûte du fourneau forme le plancher d'une étuve où doit s'opérer, comme nous le verrons plus tard, la dessiccation du *massicot*.

Si on place du combustible dans les chauffes, la flamme s'élève de chacun de ces foyers, va frapper contre la voûte du laboratoire B et sort par l'ouverture du milieu ; l'on ouvre ou l'on ferme les portes, suivant qu'on veut rendre le tirage plus ou moins fort.

Il est évident que le fourneau que nous venons de décrire, de même que tous les fourneaux de fusion, doit être construit en briques réfractaires liées par un mortier argileux.

Les plombs neufs en saumons d'Angleterre, d'Amérique, d'Espagne, de France, etc., sont souvent d'une pureté suffisante pour fournir une qualité de minium qui, en général, satisfait aux exigences du commerce. Les vieux plombs, lorsqu'on les a purgés de la soudure qu'ils contiennent, peuvent aussi être employés, si les produits qu'on en veut obtenir sont destinés aux fabriques de faïence à émail opaque ou aux fabriques de poteries communes. Mais, comme on ne peut compter sur la constance de la qualité de ces plombs, on pourrait se rendre indépendant des fâcheux effets de leur impureté en leur faisant subir une sorte de purification préalable.

Nous commencerons par donner un procédé indiqué par M. Thénard à la page 496 du 3e vol. de son *Traité de chimie*, dans une note ainsi conçue : « On prétend que quand le plomb contient un peu de cuivre, il suffit de l'allier à un peu d'étain pour qu'il soit possible de faire du minium pur avec cette sorte de plomb. On met de côté le premier produit de la calcination qui renferme tout le cuivre et l'étain unis sans doute à l'état d'oxydes et mêlés d'ailleurs avec plus ou moins d'oxyde de plomb, en sorte que le bain métallique restant, ne contenant plus rien d'étranger, donne nécessairement un excellent minium. »

Selon nous, ce procédé est *vicieux*, car, pour se débarrasser sûrement des oxydes de cuivre et d'étain, il faudrait sacrifier, sous peine d'être exposé aux inconvénients auxquels on cherche un remède, des quantités d'oxyde de plomb assez considérables pour que leur valeur représentât bientôt un capital infructueux.

Nous croyons beaucoup plus convenable le procédé suivant. On fait fondre dans une grande chaudière de de 3 à 400 kil. de plomb et plus ; quand il est fondu, on brasse avec un *bâton*, on entretient la fusion pendant quelque temps, puis on laisse écouler le *tiers supérieur* de la masse qui renferme les métaux étrangers.

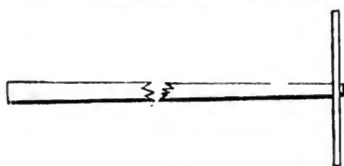
La partie supérieure qu'on recueille dans des lingotières peut être vendue ensuite comme du plomb d'une qualité inférieure, pouvant cependant avoir de nombreux usages dans les arts. Ce qui reste au fond de la chaudière est enlevé avec des cuillères et porté sur la sole échauffée du four à réverbère.

Avant d'acheter des quantités considérables d'un

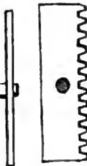
plomb dont la *source lui serait connue*, le fabricant pourrait oxyder dans un *têt* d'argile quelques grammes de ce métal et traiter le résultat par l'ammoniaque en excès ; si la couleur bleuâtre était trop intense, le plomb devrait être rejeté comme étant trop cuivreux.

Pour un fourneau, des dimensions indiquées précédemment, on emploie 300 kilog. de plomb. On commence par y introduire les deux tiers environ de la masse qu'on veut traiter ; puis quand la fusion en a été opérée, on ajoute le tiers restant.

Dès que le plomb est fondu, on l'agite continuellement avec une sorte de long râteau en fer (fig. 1859 et 1860), dont le manche appuie sur le crochet d'une chaîne suspendue devant l'embouchure du four. A mesure que le plomb s'oxyde, on repousse le résultat de cette oxydation, avec le plein du râteau, au fond du fourneau ; on agite de nouveau le plomb fondu, l'on repousse encore l'oxyde, et ainsi de suite pendant environ 5 heures. Pendant la calcination, il faut avoir soin de ne pas chauffer trop fortement, on s'exposerait à fondre l'oxyde qu'on a préparé : il faut seulement maintenir le feu. En outre, il est utile de laisser ouvertes les portes des chauffes, afin que l'air puisse entrer librement et venir oxyder le plomb.



1859.



1860.



1861.

Quelque bien conduite que soit la calcination, il arrive un moment où une certaine quantité de métal assez petite, il est vrai, refuse de s'oxyder, ou du moins s'oxyde avec une difficulté très grande ; il est alors beaucoup plus sage de recueillir dans une petite cuvette ménagée dans la sole, tout près de l'ouverture du fourneau, les parties liquides qui se refusent à l'oxydation. On les retire de là avec une cuillère à projection, on en forme un lingot qui sera joint le lendemain au plomb qu'on introduira dans le fourneau.

On ramène alors et l'on étend uniformément sur la sole tout l'oxyde qu'on avait refoulé vers le fond du fourneau. On le retourne au moyen d'un ringard (fig. C), on trace de nouveaux sillons, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la journée. Cette opération a pour but d'oxyder les particules de plomb qui ont pu échapper à l'action oxydante de l'air.

Le plomb, par suite de cette manipulation, est passé à l'état de protoxyde ou *massicot*, mais ses particules grossières ont besoin d'être divisées pour s'unir à une nouvelle quantité d'oxygène et pouvoir ainsi se convertir en minium. Le *broyage* atteint ce but.

On retire l'oxyde du four avec une longue pelle de fer, et on le fait tomber dans de grands seaux de bois munis d'anses de fer pour la commodité du transport. Comme la température de l'oxyde est très élevée, quoiqu'on ne le retire du four que 12 heures après l'avoir préparé, il est nécessaire, pour la commodité des manipulations qui vont suivre, de jeter sur le contenu de ces seaux une certaine quantité d'eau. On les porte ensuite au moulin où l'oxyde doit être broyé. Ce moulin est semblable à celui dont on se sert pour broyer le carbonate de plomb ou *céruse*. Il se compose d'une *tine* renfermant deux meules, l'une fixe, l'autre mobile ; une sorte d'entonnoir permet d'introduire la matière jaune imbibée d'eau, ainsi que l'eau nécessaire pour la broyer. Les meules sont en grès ou en *lave de Wolvic* ; elles ont $0^m,90$ de diamètre et $0^m,30$ d'épaisseur. Une paire de meules peut broyer par jour 300 kilog. de matière.

La tine est disposée de manière que l'on peut recevoir le résultat du broyage, et le faire passer sous la meule une deuxième et même une troisième fois si la chose est nécessaire.

Au sortir du moulin, on doit soumettre le produit du broyage à l'opération du tamisage, qui a pour but de séparer de la masse d'oxyde les parties de plomb qui ont pu échapper à l'oxydation. Cette opération exige deux tonneaux défoncés, sur l'un desquels on a placé deux tringles de fer qui permettent à l'ouvrier d'imprimer au tamis qu'elles supportent un mouvement de *va-et-vient*. Ce tamis est formé par un tissu métallique très serré (toile n° 60). L'ouvrier prend l'oxyde broyé en suspension dans l'eau, le verse sur son tamis, et, par une agitation modérée, facilite le passage de la matière à travers la toile métallique. Quand tout a été tamisé, on décante les parties liquides en ayant toutefois soin de verser l'eau de cette décantation dans un autre tonneau où elle déposera le minium qu'elle tient en suspension.

L'opération du tamisage n'enlève pas cependant tout le plomb métallique que le massicot contenait ; si l'on veut obtenir un bon minium, il faut laver le produit du tamisage. Pour cela, on a un large baquet dans lequel est placé un agitateur composé d'une roue aux jantes de laquelle sont fixées des palettes de bois ; ce baquet est muni de deux robinets placés à des hauteurs différentes ; on y verse le produit du tamisage, on l'agite en tournant la roue ; puis on ouvre le robinet supérieur qui laisse écouler le liquide dans une *cuvelle* placée au-dessous. On transvase l'eau de la cuvelle dans un second baquet où elle dépose. On débouche ensuite le robinet inférieur du baquet agitateur ; l'eau qui s'écoule est traitée comme la première. On prend alors le dépôt qui s'est fait dans la cuvelle, on en remplit à moitié une *bassine* qu'on tient des deux mains et qu'on porte dans le baquet où on l'agite, de manière que la plus fine se mêle à l'eau et se précipite à mesure dans le fond, tandis que la plus pesante, qui est celle qui n'a pas été divisée au moulin, reste dans la bassine. Le déchet qu'on obtient est joint à celui du tamisage pour être calciné de nouveau. Le minium qu'on obtient en oxydant ces résidus est même le meilleur qu'on puisse employer pour la fabrication des cristaux ; en effet, le minium du premier lavage contient tous les métaux plus oxydables que le plomb.

Lorsque le lavage est fait, on laisse précipiter au fond du tonneau la matière très divisée qui est suspendue dans l'eau ; on décante l'eau qu'on remet dans le premier baquet, on retire le dépôt qu'on place dans des terrines de terre cuite. On porte ces terrines dans l'étuve dont nous avons parlé, et on les y laisse jusqu'à ce que la dessiccation de l'oxyde soit complète.

L'oxyde retiré de l'étuve est pulvérisé sous un lourd cylindre de fonte placé dans une grande boîte fermée de tous côtés. Quand tout ce qu'on a introduit dans cette boîte est pulvérisé, on repousse la poussière qui en résulte dans une trémie qui la verse dans une grande caisse. On pourrait pulvériser l'oxyde en le faisant passer entre deux cylindres horizontaux tournant en sens contraire. Une trémie continuellement pleine alimenterait ces deux cylindres, au moyen d'un rouleau cannelé qui formerait sa partie inférieure. On pourrait aussi employer un moulin à meule verticale semblable à celui que l'on emploie pour le chocolat. Dans tous les cas, le moulin, quelle que soit sa forme, doit être entouré d'une caisse qui empêche la poussière de s'en échapper.

Lorsque le massicot est pulvérisé, on en remplit de petites caisses en *fer battu*, qui peuvent en contenir environ de 7 à 8 kilog.; on les introduit, à l'aide d'une pelle en fer, dans le fourneau où l'on a calciné le plomb pendant la journée; on ferme les portes des chauffes, on bouche l'ouverture du milieu avec une plaque de tôle, et on abandonne l'opération à elle-même : à la faveur de la chaleur, le massicot contenu dans les caisses absorbe l'oxygène de l'air et passe à l'état de minium. Les Anglais étendent le massicot sur la sole du four au lieu de le mettre dans les caisses de fer battu. Le lendemain il est rouge jaunâtre. On passe souvent le massicot plusieurs fois au feu; on a ainsi ce que l'on appelle du minium à plusieurs feux.

Dans les fabriques de minium annexées aux usines à plomb et argent, on emploie comme matière première les litharges marchandes provenant de la coupellation, ce qui produit une certaine économie sur le combustible.

Quelque divisé que soit le minium, on est souvent forcé de le tamiser avant de le livrer au commerce, surtout quand il doit entrer dans la composition des couleurs. On se sert à cet effet d'un tamis couvert.

Le minium préparé comme nous venons de le dire est ensuite placé dans des tonneaux où on le masse fortement.

Si l'on voulait obtenir du minium aussi pur que possible, il faudrait employer pour sa préparation, non du massicot, mais du carbonate de plomb; il faudrait en outre laver l'oxyde préparé avec de l'acétate neutre de plomb que dissoudrait tout le protoxyde libre.

La *mine orange* du commerce n'est autre chose que le minium obtenu par la calcination du carbonate de plomb.

Nous indiquerons ici un moyen pratique d'essayer le minium. On met dans un creuset de terre siliceuse de 20 à 30 grammes de minium, puis on chauffe au feu d'une moufle. L'oxyde de plomb se combine à la silice du creuset, et on obtient un cristal jaunâtre et limpide si le minium est pur, coloré en vert si le minium est cuivreux. L'oxyde d'étain donnerait au cristal une teinte laiteuse facile à reconnaître.

Le plomb en passant à l'état de minium augmente de 9 à 10 p. 100 en poids.

Le bois et le charbon de terre peuvent être indifféremment employés pour faire le minium; il convient cependant de ne pas employer un charbon qui donnerait trop de fumée et qui pourrait réduire une certaine quantité d'oxyde. On peut évaluer à 1 hect. la quantité de charbon nécessaire pour convertir 300 kilog. de plomb en massicot.

Le minium du commerce est souvent falsifié avec du rouge de fer ou colcothar, ou de la brique pilée. Mais la fraude est facile à reconnaître, car si on chauffe le minium au rouge, on obtient un résidu jaune, tandis que, s'il est falsifié, la coloration que lui donne le colcothar ou la brique persistera malgré l'application de la chaleur. En traitant par l'acide hydrochlorique concentré, le plomb et le fer seront dissous, mais la brique restera. On découvrirait de la même manière si le minium était mêlé avec de la silice ou du verre pilé; falsifications grossières, sans doute, mais cependant mises en usage pour les miniums destinés aux émaux de faïence et de poterie.

Le minium est employé, à raison de sa belle couleur, pour colorer les papiers de tenture, les cires molles à cacheter. Il sert à la fabrication du strass, du flint-glass et du cristal, verres auxquels il communique une puissance réfractive considérable, une limpidité parfaite et la faculté de pouvoir être taillés plus aisément. Les fabricants de cristal préfèrent le minium à la litharge et au massicot, parce qu'il réussit mieux et plus constamment. Cela vient sans doute de ce que l'excès d'oxygène qu'il perd en passant à l'état de silicate sert à la combustion des traces de matières organiques que la soude et la potasse peuvent contenir. Pour cette dernière application, on prend le minium le plus pur, celui qui est exempt d'oxyde de cuivre, attendu que ce dernier donne une teinte verte au cristal. Il entre dans la composition des émaux de faïence, des couvertes de poteries. Enfin il sert à faire des mastics que l'on emploie dans la construction des machines.

MODÉRATEUR. Voyez MACHINE A VAPEUR.

MOIRÉ MÉTALLIQUE. Voyez ÉTAMAGE.

MOLETTE. Voyez GRAVURE.

MONNAIE (*ang.* mint, *all.* münze). Les monnaies et les médailles, qui ont toujours été fabriquées par les mêmes procédés, s'obtenaient dans les temps anciens par moulage. La pureté des lignes était moindre que celle des monnaies actuelles, mais les pièces de faible valeur, qui se coulaient en bronze, tandis qu'aujourd'hui elles se font en cuivre, pouvaient résister à l'usé et à l'oxydation mieux que ces dernières.

Jusqu'au règne de Louis XIII les monnaies, en France, se coulaient en *lentilles*; puis les pièces rougies étaient placées entre deux coins de bronze très durs, gravés au touret et enchâssés dans une enveloppe de fer sur laquelle on frappait avec le marteau pour donner l'empreinte aux pièces. Ce ne fut que vers la fin de cette époque que s'introduisit l'usage de graver au burin des coins d'acier, d'aplanir le métal et de le réduire en feuilles, de le découper avec des cisailles.

L'invention du balancier eut lieu sous le règne de Henri II. Nicolas Briet, tailleur général des monnaies, voulut, à l'aide de cette invention et à l'aide du laminoir, monter une fabrication parfaite, fournissant des pièces identiques, mais ne put y parvenir.

Il fut forcé d'aller en Angleterre trouver un pays où l'on comprit ses machines et où on s'empressât de les adopter. On reconnut bientôt en France la nécessité d'avoir recours à un mode semblable de fabrication; néanmoins ce ne fut qu'en 1645, au commencement du règne de Louis XIV, que la fabrication au marteau fut totalement interdite.

Les conditions qu'il faut remplir dans la fabrication des monnaies sont : 1° une grande régularité dans le titre des alliages; 2° une similitude parfaite dans les dimensions et les poids des pièces; 3° une netteté très grande du monnayage afin que le surmoulage ne puisse produire des pièces ayant une netteté comparable, et que celle-ci ne puisse résulter que de puissants moyens de fabrication dont les faux-monnayeurs ne sauraient disposer.

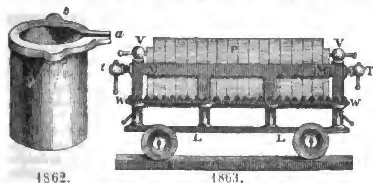
De la fonte. Après avoir obtenu, par l'AFFINAGE, de l'or ou de l'argent parfaitement purs, on les allie avec une certaine quantité de cuivre qui donne à ces deux métaux trop mous par eux-mêmes une dureté suffisante pour résister à l'usé. En France, la proportion est toujours de 1/10° de cuivre pour 9/10° de fin. L'alliage se prépare en France dans des creusets de petites dimensions et se coule en plaques minces, de 5 à 6 millimètres d'épaisseur. Comme elles n'ont que deux ou trois fois l'épaisseur d'une pièce de 5 francs, elles se réduisent facilement au

laminoir à l'épaisseur exigée pour les flancs (on nomme ainsi la pièce préparée pour le monnayage), mais aussi l'écronissage étant peu considérable les pièces ont peu de dureté.

En Angleterre, on fond des lingots de 30 millimètres d'épaisseur qu'on réduit à la dimension convenable en les faisant passer entre les cylindres d'un puissant laminoir. Sans doute, dans la fonte d'un aussi fort lingot les effets de liquation sont plus considérables que dans un petit; mais, d'un autre côté, les différences deviennent bien moins sensibles puisqu'elles se trouvent réparties sur une plus grande longueur.

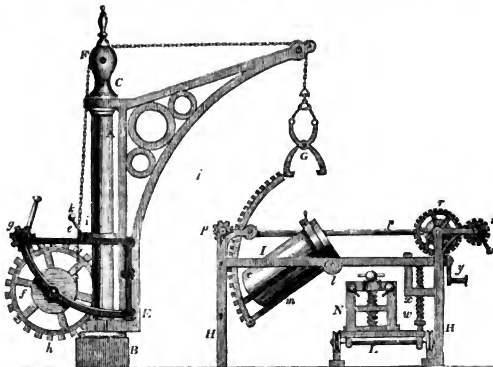
Nous croyons qu'il est utile, au moment où l'on pense à modifier la fabrication des monnaies en France, d'entrer dans quelques détails sur les procédés usités à la Monnaie royale de Londres, tels qu'ils ont été établis dès 1811 sous la direction de M. Boulton.

Les creusets dans lesquels s'opère la fusion (fig. 1862) sont en fonte de fer, et contiennent aisément 100 kilog. de métal. Ils sont garnis d'un bec par lequel on verse le métal, et de deux oreilles que saisissent les pinces d'une grue lorsqu'on les enlève de dessus le fourneau. Pendant la fonte qui dure quelques heures, on remue de temps à autre l'alliage; on prépare les moules, qu'on chauffe dans une étuve, et dont on frotte la surface intérieure avec un linge mouillé d'huile, afin que les lingots viennent mieux. La figure 1863 représente le chariot vu de côté et chargé de ses moules. Quand on y a introduit le nombre convenable de moules, les vis des extrémités les tiennent tous serrés.



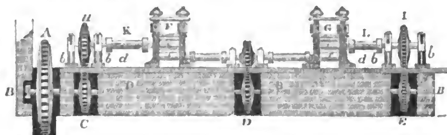
1862. 1863.

Le creuset contenant le métal fondu est enlevé par la grue G (fig. 1864) de dessus le fourneau, puis descendu, jusqu'à ce que l'anneau dont sont garnis ses bords supérieurs pose sur le cercle *e*. C'est alors qu'on détache les pinces de la grue. L'un des ouvriers prend d'une main le manche de la manivelle *s* et de l'autre *y*. En tournant *y*, il attire le chariot, de manière à placer le premier moule sous le goulot du vase à fonte. Il remplit ensuite successivement les autres moules. La première portion du métal fondu est reçue dans une petite cuiller de fer et réservée pour l'essayeur; on prend un second échantillon du milieu du vase et un troisième du fond. La qualité de chacun de ces échantillons est examinée.



1864.

Les lingots qui ont environ $0^m,25$ de longueur, $0^m,18$ de largeur et $0^m,05$ d'épaisseur sont alors soumis au laminage.



1865.

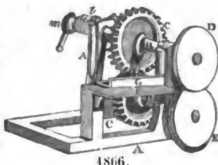
Laminage. Le lingot obtenu par la fonte est porté au laminoir pour être régularisé. Il faut que cette machine soit construite avec une grande régularité pour donner des produits satisfaisants. Il faut non seulement que les cylindres tournent parfaitement ronds, mais encore il faut que les diamètres soient assez grands (les rouleaux anglais ont 90 cent. au moins de circonférence), et enfin que les roues motrices aient un développement considérable, car avec un laminoir mû par de petits pignons, on obtient des bosses sensibles correspondant à chaque dent de l'engrenage, effet dû sans doute aux variations de l'effort; variations peu sensibles avec des vitesses un peu considérables comme ceux de la monnaie de Londres qui produisent 30 à 35 mètres de lames par minute.

La fig. 1865 représente la disposition de cette machine. A, est une grande roue d'engrenage mue par un pignon assemblé sur l'arbre d'une machine à vapeur de 36 chevaux de force. Sur l'arbre BB, mis en mouve-

ment par cette roue, sont assemblées les roues C, D, E, qui mettent en mouvement les cylindres respectifs montés en F et en G dans de forts bâtis en fer, assemblés sur la plaque *a a*, qui s'étend sur toute la longueur du laminoir, et qui repose sur la maçonnerie dans laquelle les roues se trouvent cachées. Les deux grandes roues C et E mettent en mouvement les roues H, I, soutenues sur des coussinets entre deux supports *b*, *b*, boulonnés aux seuils. Les extrémités des axes de ces roues sont garnies de trèfles destinés à recevoir des manchons *d*, *d*, qui communiquent le mouvement aux cylindres supérieurs *e*,*e*, de chaque paire, aux points F et G. La roue du milieu D, montée sur la tige principale B, communique le mouvement d'une manière semblable aux cylindres inférieurs. Ainsi les deux cylindres *e*, *f*, de chaque cadre reçoivent leur mouvement de la tige principale avec une égale rapidité, au moyen de roues d'un grand rayon.

Le laminoir est garni de quatre paires de cylindres dont chacune est mise en mouvement par son rouage spécial; il est donc composé de deux *systèmes* de roues et de cylindres, comme celui que nous avons représenté dans notre figure. Les deux tiges sont placées parallèlement et reçoivent leur mouvement de la même machine à vapeur. Après avoir été ainsi passé au cylindre quatre ou cinq fois, le métal se trouve réduit à environ $0^m,005$ d'épaisseur, et augmenté en longueur de près de quatre fois la largeur du lingot. Pour faire disparaître la couleur produite par la chaleur, on frotte ces plaques avec un acide affaibli, puis on les coupe en bandes étroites, dans le sens de la largeur de la plaque, au moyen des cisailles circulaires (fig. 1866), pour pouvoir les soumettre à l'opération de l'étirage, à l'aide de la machine ci-après.

Cette machine est mise en mouvement par une roue d'engrenage qui se trouve au bout de la tige principale B du laminoir. Elle se compose d'un cadre de fer AA, supportant deux axes parallèles B, B, qui se meuvent ensemble au moyen de deux roues d'engrenage C,C, dont l'inférieure engrène dans la grande roue. Au bout des deux tiges sont fixés deux disques dont les angles sont en contact. F, est la tablette sur laquelle on pose la plaque pour la présenter à la cisaille, et G, un rebord ou guide vissé qui sert à diriger le métal et à régler la largeur du morceau que l'on veut couper. Les vis qui retiennent ce guide sont fixées dans des trous ovales de manière à en permettre l'ajustement. L'ouvrier tient la plaque à plat sur la surface F, et la pousse vers les cisailles qui s'en emparent et l'attirent jusqu'à ce qu'elles l'aient coupée dans toute sa longueur. La partie coupée ne se recourbe pas comme il arrive quand on emploie les cisailles ordinaires, parce que l'on a placé derrière les tranchants, sur E et sur D, de petits épaulements qui la tiennent droite. Derrière le montant qui supporte les coussinets des axes B, B, des coupeurs, est un écrou *l*, dans lequel s'introduit une vis dont on se sert pour mouvoir le disque D et en tenir le tranchant en contact avec celui de l'autre disque E.



1866.

Après avoir découpé les bandes, on les passe de nouveau dans un laminoir plus parfait que le laminoir dégrossisseur, et à froid pour obtenir la même épaisseur. C'est à ce moment que l'ouvrier essaie chaque morceau avec un calibre ordinaire en acier. Ce calibre est à bords très tranchants et forme un angle, de sorte qu'en introduisant le bord de la plaque dans l'entaille on en déterminera exactement l'épaisseur par la profondeur à laquelle il pénétrera en observant les divisions tracées à cet effet sur le calibre.

L'opération du passage des bandes au laminoir est répétée trois ou même quatre fois, après quoi l'on essaie toutes les plaques que l'on distribue en autant de tas qu'il y a d'épaisseurs différentes. C'est une chose curieuse que, bien que les cylindres n'aient pas moins de $0^m,36$ de diamètre et que leur cadre soit d'une force énorme, ils cèdent un peu, de manière à réduire une plaque épaisse plus qu'une mince; ainsi les plaques qui ont passé entre les mêmes cylindres peuvent avoir trois ou quatre degrés différents d'épaisseur que l'on réduit à la juste dimension en ajustant les cylindres à chaque tas. On essaie alors la première plaque du tas passé au cylindre en découpant un flanc que l'on pèse ensuite. S'il est trop léger ou trop lourd, on ajuste en conséquence les cylindres jusqu'à ce que, par quelques essais semblables, on se soit assuré de leur exactitude, après quoi on passe tout le tas. Les plaques trop minces sont renvoyées comme rebut à la fonderie. Avec ces nombreuses précautions, les disques ont presque le même poids quand ils ont été taillés par la machine dont on se sert après, ce qui n'arriverait pas lorsque la mesure aurait donné une même épaisseur pour toutes les plaques, puisque quelques-unes, plus condensées que les autres, auraient des poids différents sous un même volume.

Cette égalité de dimensions s'obtient, en France, d'une manière très insuffisante par le rabotage des flancs trop épais, méthode vicieuse et imparfaite. Nul doute qu'en cherchant à améliorer le monnayage on n'y introduise l'emploi du banc-à-tirer.

Du banc-à-tirer ou dragon. L'introduction, depuis plusieurs années, dans les ateliers de la Monnaie de Londres, de la machine de feu M. Barton, machine à égaliser l'épaisseur des bandes destinées à la fabrication des monnaies, a été un grand perfectionnement. La fig. 1867 représente un profil, et la fig. 1868 un plan de cette machine. Elle agit comme les bancs-à-tirer employés pour la tréfilerie; ainsi elle tire fortement

1867.





1868.

les bandes de métal par une ouverture oblongue ménagée entre deux surfaces d'acier. La boîte ou châssis qui renferme les coussinets d'acier (voir BANC-A-TIRER) est représentée au point C dans la fig. 1867; *s*, *r*, sont les pinces qui servent à saisir le métal et à le faire passer à travers la filière.

Quand la machine à tirer doit agir sur des bandes de métal, on a soin d'amincir, en le forgeant, un de leurs bouts, afin qu'elles puissent être introduites entre les coussinets pour être saisies par la pince.

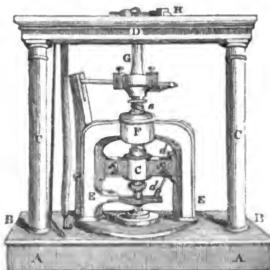
Pour faire agir le banc-à-tirer, l'ouvrier saisissant les extrémités *s* de la pince, l'amène près de la filière C. Dans ce mouvement, les branches des pinces s'ouvrent, et elles sont poussées si près de la filière que ces mêmes branches entrent dans une cavité qui les rapproche des coussinets, de telle sorte qu'elles peuvent saisir l'extrémité amincie de la bande de métal. L'ouvrier, d'une main, tient ferme l'extrémité *s* de la partie supérieure des pinces pendant que, de l'autre, il tire *x* en arrière. De cette manière, les branches se ferment et saisissent fortement le métal. Il baisse alors le manche *x* jusqu'à ce qu'un crochet, qui se trouve sous les pinces, saisisse la chaîne sans fin pendant qu'elle se meut, et elle entraîne les pinces et la bande de métal. Aussitôt que toute la longueur de la bande de métal a passé entre les coussinets, le poids *r*, dégageant leur crochet de la chaîne, arrête leur mouvement. La machine de la Monnaie est garnie de deux filières et de deux chaînes sans fin, comme on le voit dans le plan (fig. 1868). N, N, sont des roues dentées placées à l'extrémité supérieure de la filière qui tournent à l'aide de leviers et servent à fixer la distance entre les coins. Une grande roue d'engrenage G, fixée sur l'axe F, sert à mettre en mouvement les chaînes sans fin. Cette roue est mue par un pignon H, fixé sur un axe *m*. Une roue I, fixée sur l'axe *m*, fait mouvoir un pignon K placé sur un second arbre portant également une roue L, qui communique par une chaîne sans fin le mouvement aux pinces. On conçoit facilement que le but de ces roues est de diminuer considérablement la vitesse initiale du tambour moteur quand elle se communique à la bande métallique passant entre les coussinets et augmente ainsi l'effort.

Le dragon n'a pas, comme le laminoir, l'inconvénient de laisser des bosses correspondant aux variations d'action de l'engrenage et il procure une grande régularité, l'action à laquelle la lame est soumise demeurant constante. Les parties qui seraient beaucoup plus épaisses resteraient encore plus épaisses que les voisines après le passage à la filière, tant par suite de l'élasticité du métal que de celle de la filière, mais les faibles irrégularités que laisse le laminoir sont parfaitement corrigées, surtout en ayant soin de bien recuire les lames avant de les passer à la filière. De la combinaison des deux outils, le laminoir et le banc-à-tirer, agissant de deux manières différentes, on obtient une régularité supérieure à celle qu'on pourrait obtenir séparément avec chaque outil. Le seul inconvénient est que les lames conservent quelquefois la trace du frottement, ce qui toutefois n'a lieu qu'autant qu'on laisse les coussinets en acier trempé se rayer.

Découpage des flans. La figure 1869 représente la machine à découper les flans. Un soubassement en pierre A A, supporte une plaque de fer BB, sur laquelle s'élèvent les colonnes C, C, qui soutiennent la partie supérieure D. Le châssis de la machine E F E, est fixé sur la plaque de fer BB. L'emporte-pièce *d* est mis en mouvement de haut en bas par la vis *a*, mue elle-même par un levier H, que fait tourner une machine à vapeur, d'une quantité suffisante pour couper l'épaisseur de la lame métallique. Un enfant conduit cette machine. A la Monnaie de Londres, douze de ces machines sont montées et rangées en cercle sur le même soubassement, dans une salle élégante éclairée par en haut. Elles sont toutes mises en mouvement par une machine à vapeur de la force de 16 chevaux.

Autrefois, pour les réduire au poids exact, on ajustait les flans ainsi taillés en limant leurs bords ; opération que l'ingénieux mécanisme de M. Barton a rendue presque inutile.

Le découpage des flans, dit M. Frichot, qui a publié sur la refonte des monnaies plusieurs brochures fort remarquables, est l'opération la plus délicate de la fabrication; car le découpage donne aux pièces le poids qu'elles doivent avoir. En effet, le diamètre du piston



1869.

ou emporte-pièce ne peut être altéré sans qu'il en résulte une différence sensible; si le piston est usé, il tranche des flans trop petits et les pièces sont plus légères; s'il est remplacé par un autre plus fort, les flans seront trop lourds.

En France, le découpage se fait à bras d'hommes. La force n'étant pas suffisante, il a fallu renoncer à découper les flans avec des coupoirs à base horizontale ; les pistons qui servent ordinairement sont taillés en sifflet de manière à ne trancher qu'une partie de la surface du flan à la fois ; il commence par un bord et emporte le reste par la continuité de l'opération. Ce procédé est très mauvais, parce qu'il augmente la bavure et laisse du flache sur la tranche, et aussi parce qu'il tend à amincir la pièce d'un côté.

En Angleterre, le découpage se faisant par la vapeur, l'homme n'agit que comme conducteur de la lame; l'emporte-pièce, dont la base est parfaitement plane, coupe instantanément le flan tout autour, sans laisser aucune bavure ni aucune irrégularité.

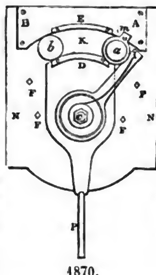
Décapage des flans. Au sortir de l'atelier de pesage et d'ajustage, on décape les flans en les agitant dans une tonne conique fixe, remplie d'eau chargée d'acide sulfurique, à l'aide d'un axe vertical armé de croisillons, et auquel on imprime un mouvement de rotation sur lui-même, soit à la main, soit de toute autre manière.

On blanchit ensuite les flans décapés, qui doivent servir à la fabrication des monnaies d'argent ou de billon, en les faisant bouillir avec une dissolution de crème de tartre dans l'eau.

Machinage des flans. Le machinage ou cordonnage des flans ne se fait plus aujourd'hui avant le monnayage; nous devons néanmoins donner la description de l'ingénieuse machine qu'avait inventée M. Gingembre pour effectuer cette opération, qui consistait à graver en creux sur la tranche les légendes : *Dieu protége la France*, *Domine salvum fac regem*. Le travail de cette machine est si prompt et en même temps si facile,

qu'un homme marque dans une journée 20,000 pièces de 5 fr. ou 100,000 fr.

Chacun des deux coins en arc E,D (fig. 1870) porte la moitié de la légende gravée en relief sur sa face courbe; ces arcs sont des morceaux d'acier fortement trempé fixés sur le seuil qui supporte l'appareil par deux vis, dont l'une à demeure E, et une autre D au bout du levier P D, qui tourne sur l'axe C. Les lettres de ces demi-légendes sont exactement parallèles et inscrites sur les coins dans un ordre inverse. Un mouvement circulaire et alternatif est communiqué au manche P. Les courbures des deux coins sont des arcs de cercle décrits du centre C, et l'intervalle qui les sépare, ou la différence des rayons, est précisément le diamètre de la pièce que l'on veut frapper.



1870.

Comme, dans cette opération, c'est le centre C qui supporte toute la pression, cet axe doit avoir un volume considérable. Il est composé d'un cône tronqué, peu élevé, d'acier trempé, qui entre dans un trou de la pièce mobile P D. Ce cône est maintenu sur la plaque de métal N N, qui supporte toute la machine, par un écrou, dont la vis serrée ou lâchée donne le jeu nécessaire au mouvement de rotation, ou fait disparaître l'ébranlement du cône causé par un service prolongé. L'épaisseur du milieu du trou de la pièce mobile P D, et l'axe du levier P qui la termine, sont exactement de niveau avec les lettres gravées sur le coin, de sorte qu'aucune force ne peut déranger la pièce mobile, ou le centre, par ses oscillations.

a, est un tube vertical contenant une pile des flans que l'on veut frapper; constamment rempli, ce tube, ouvert aux deux bouts, est un peu élevé au-dessus de l'espace *a*K*b* qui sépare les deux coins, et vissé par une queue *m* à la pièce fixe A B. La broche I C, mobile, ainsi que la pièce P D, passe sous le tube, et pousse au bas de la colonne le flan qui est reçu dans une petite excavation de forme circulaire. Les choses sont arrangées de manière à régler la sortie des flans sur le posoir, l'un après l'autre.

Aussitôt que le flan est mis en contact avec le bord inférieur des rainures gravées, il est saisi par elles et poussé par la force de l'opération, sans que ses surfaces supérieure et inférieure soient exposées à aucune action qui puisse empêcher d'en frapper le cordon.

Le flan tourne entre les deux coins, selon que le levier P complète sa course, et il passe de *a* à K, puis de K à *b*, où il rencontre une ouverture circulaire par laquelle il tombe dans un tiroir placé sous la machine.

Le parcours du levier mobile P est réglé par quatre saillies solidement fixées sur la plaque N N, qui supporte tout l'appareil. Un clou placé sur ce levier, près de D, empêche le bras du posoir I C de s'écarter plus qu'il ne faut pour laisser sortir le flan de la colonne; un ressort fixe au centre C ramène le posoir; de sorte que, quand une vis I vient à frapper contre la colonne, le posoir s'arrête, et le coin mobile D, qui continue à marcher, trouve le flan dans une position convenable pour le presser, s'en emparer, et l'entraîner par la réaction du coin fixe E. Ainsi le cordon du flan est frappé en moins d'une demi-seconde. On peut en frapper des centaines dans l'espace de trois minutes.

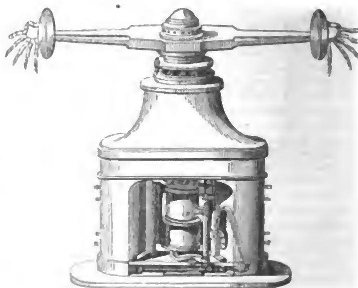
Monnayage. Le monnayage consiste à faire passer le flan dans une virole, pour le soumettre à la pression de deux coins gravés qui lui impriment des deux côtés à la fois le sceau de l'État.

Pour obtenir un beau monnayage, dit M. Frichot, il faut non seulement que la forme et la gravure des coins soient bien entendues, mais aussi pouvoir disposer d'une grande force motrice; non seulement de la force nécessaire pour frapper à fond, mais d'un excès de force qui écrouisse suffisamment la pièce, en la comprimant très fortement dans la virole. Ainsi le recuit doit adoucir le flan, pour qu'il prenne mieux la forme de la gravure; mais il faut que l'adouci disparaisse entièrement pendant le monnayage, et qu'il soit remplacé par la plus grande dureté que puisse acquérir le métal: tel est le problème à résoudre par le monnayage; problème d'autant plus difficile que le frappage doit se faire d'un seul coup, et que les coins doivent frapper un grand nombre de pièces pour que le monnayage ne devienne pas trop cher.

La figure 1871 représente le balancier de Gingembre tel qu'il est exécuté à la Monnaie de Paris. L'action est produite au moyen de cordons que tirent en même temps un nombre égal d'hommes.

Les perfectionnements qui signalèrent l'adoption de ce balancier consistaient surtout dans le mécanisme du poseur, qui reçoit le flan à monnayer, le porte entre les coins, retourne en chercher un second, et chasse celui qui vient d'être frappé; opérations qui, s'exécutant en raison de la position de la vis, ne peuvent jamais manquer, et rendent impossible les accidents qui pouvaient résulter du posage du flan à la main.

Un des grands défauts du balancier est que, si le monnayeur oublie de mettre un flan dans la main de fer du poseur, les deux coins se choquent et sont mis hors de service. On a quelque peu paré à cet inconvénient au moyen d'un mécanisme dit *pare-à-faux*, qui, au moment où le monnayeur s'aperçoit de son oubli, permet de faire arriver rapidement entre les deux coins un disque de métal qui les empêche de s'entre choquer.


1871.

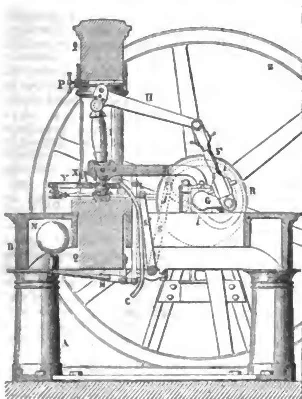
Une des dernières modifications apportées aux monnaies françaises consiste dans l'adoption de la virole brisée, virole composée de parties s'écartant après le monnayage, et permettant de sortir la pièce portant sur

la tranche une inscription en relief, qni rend impraticables divers procédés d'altération des monnaies.

Le balancier tel que nous venons de le décrire ne prodnit qu'nn monnayage imparfait, en travail courant, parce qu'étant mû par les bras d'hommes qui se fatiguent ou n'agissent que rarement en même temps, il ne fournit presque jamais une pression suffisante. Aussi a-t-on eu soin, en Angleterre, de remplacer les hommes par l'action de la vapeur. On n'a pas publié les dispositions employées à cet effet; nous savons senlement que la force motrice est transportée de la machine à vapeur à l'appareil qui fait mouvoir chaque balancier, à l'aide du vide que fait une machine aspirante à piston. Un piston, renfermé dans un corps de pompe communiquant avec cette machine aspirante, formera donc une véritable machine atmosphérique. Il a suffi de transformer le mouvement rectiligne de ce piston en circulaire, par l'intermédiaire de cordes, de corps élastiques, ponr que l'assemblage n'empêche pas le choc, pour mettre en mouvement le balancier.

En France, depuis qu'on a donné de grands développements à la fabrication des monnaies, et qu'on a entrepris la refonte du billon, on a remplacé le balancier par la presse de Munich.

Nous emprunterons au *Cours de mécanique* de M. Delaunay la description de la presse monétaire (fig. 1872),



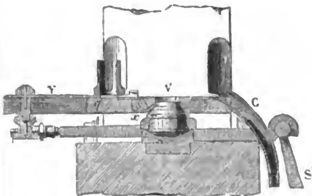
1872.

munie des divers accessoires inventés d'abord pour le balancier, et qui se sont adaptés très simplement à cette nonvelle machine. La figure 1872 en représente nne coupe verticale.

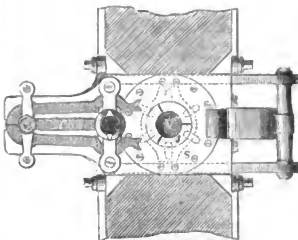
Une manivelle G est fixée à l'extrémité d'un arbre qu'une machine à vapenr fait tourner et qui porte un volant Z. Cette manivelle agit, par l'intermédiaire de la bielle F, sur le levier H, auquel elle donne un mouvement d'oscillation autour d'nn point fixe. La partie inférieure de ce levier s'appuie sur la tête d'une colonne I dont l'extrémité inférieure se meut à rotule dans la boîte coulante J. La boîte coulante, qui porte le coin supérieur, se trouve à l'extrémité d'un levier mobile autour du tourillon *c*, et est constamment appuyée de bas en haut contre la colonne J par l'action des deux contre-poids N, que transmettent le levier M et le montant à fourchette L. Lorsque la manivelle G sonlève le levier H, ce levier tend à abaisser la colonne I, ainsi que la boîte conlante; si d'ailleurs les coins sont à une distance convenablement réglée l'un de l'autre, et qu'un plan ait été introduit entre enx, ce plan éprouvera une compression extrêmement grande qni sera suffisante pour produire le même effet que le choc dans le balancier monétaire. On se fera une idée de la grandeur de la pression exercée par la colonne I, en observant combien pen descend la boîte coulante, lorsque l'extrémité du bras de levier H s'élève d'une quantité notable.

La distance entre les deux coins est réglée par une vis de rappel P, qui sert à enfoncer plus ou moins un coin entre le massif Q de la presse et le tampon d'acier sur leqnel se trouve le point fixe du levier H.

Quant aux autres parties du mécanisme, elles agissent à peu près de la même manière que les parties correspondantes du balancier. Voici quel en est le jeu : Un plateau R monté sur l'arbre du volant présente une conlisse excentrique *ii*; un bouton *j* qui pénètre dans cette coulisse est fixé à l'extrémité supérieure du bras de levier S; et ce bras de levier attaché inférieurement à un axe horizontal prend un mouvement oscillatoire par suite de la forme de la coulisse *ii*. Ce mouvement se transmet au levier S', qui est attaché au même axe; et la tringle U (fig. 1872 *bis*) dont l'extrémité recourbée



1872 *bis*.



1872 *ter*.

s'appuie sur le levier S', en reçoit un mouvement de va-et-vient dirigé horizontalement. Dans ce mouvement de va-et-vient, lorsque la tringle U se transporte à droite, la partie inclinée, qui se trouve au milieu de

sa longueur, vient soulever le coin inférieur, pour élever la pièce frappée au-dessus des bords de la virole brisée; en même temps cette tringle fait marcher également vers la droite la main-poseur Y qui chasse la pièce frappée dans le conduit C, d'où elle tombe dans une corbeille et qui dépose ensuite un flan au milieu de la virole.

La main-poseur Y se compose de trois parties, comme le montre la fig. 1872 *ter*; les deux pièces latérales se rapprochent de la pièce du milieu pour saisir le flan et le poser sur le coin V; mais dès qu'il y est posé, ces deux parties latérales s'écartent et la main-poseur se reporte vers la gauche, en abandonnant le flan. H est un gobelet dans lequel on dépose une pile de flans, que la main-poseur prend un à un par dessous, pour les porter sur le coin. La fig. 1872 *ter* montre la disposition de la virole brisée telle qu'elle avait été combinée pour le balancier; *q* est le porte-virole, *s* le cercle de la virole, qui présente intérieurement une cavité conique; *t* la virole brisée en trois parties, *x* les ressorts qui servent à tenir la virole brisée ouverte et à fleur du porte-virole.

Les figures précédentes se rapportent à la presse monétaire telle qu'elle a été construite par M. Thonnelier; plusieurs modifications ont été apportées aux parties accessoires de cette machine depuis qu'elle fonctionne à l'hôtel des Monnaies de Paris. Mais les parties essentielles n'ont été nullement modifiées.

La presse monétaire présente plusieurs avantages sur le balancier qu'elle a remplacé. D'abord elle permet d'exercer toujours la même pression pour frapper les flans, ce qui donne lieu à des résultats plus réguliers; tandis que la force des hommes employés à manœuvrer le balancier présentait des irrégularités notables. D'un autre côté, si l'on oubliait de mettre un flan entre les coins du balancier, ces deux coins choquaient l'un contre l'autre et se brisaient, tandis que dans la presse les deux coins ne viennent jamais en contact, lors même qu'il n'y aurait pas de flan entre eux. Un troisième avantage consiste dans la rapidité de l'opération : une presse monétaire frappe environ 60 pièces à la minute, et peut ainsi fonctionner pendant longtemps sans avoir besoin de s'arrêter, tandis que le balancier frappait beaucoup moins de pièces par minute, et les ouvriers avaient besoin de se reposer de temps en temps. Enfin le gobelet X, dans lequel on met une pile de flans, évite l'emploi d'un ouvrier exclusivement chargé de mettre les flans dans le trou de la main-poseur.

Pèse-monnaie. Nous citerons en terminant cet article le pèse-monnaie de M. Seguier, ingénieux instrument qui permet de contrôler mécaniquement si les pièces fabriquées sont dans les limites de la tolérance, accordée par la loi, en plus ou en moins.

Cet instrument se compose : 1° d'une trémie dans laquelle on jette les pièces, qui, par l'effet des plans inclinés, viennent se disposer convenablement a la sortie et se présenter à une espèce de main-poseur, analogue à celle dont nous avons parlé ci-dessus; 2° d'une balance organisée comme peson, ne fait agir le système ci-après qu'après une course correspondant à une différence de poids, soit en plus, soit en moins, égale à la limite de la tolérance; 3° d'un aiguillage analogue à celui que nous avons expliqué en parlant de la machine à distribuer les caractères d'imprimerie, de M. Gaubert; c'est-à-dire que le poseur venant à intervalles réguliers repousser la pièce posée sur la balance, celle-ci rejoint le compartiment qui correspond aux pièces faibles, justes ou fortes, suivant que le plateau qui la porte aura été enlevé, sera resté fixe ou se sera abaissé, et que par un effet correspondant, l'aiguille mue par le plateau, sera restée fixe, aura été poussée à droite et à gauche.

MORDANTS. Voyez GRAVURE, IMPRESSION SUR ÉTOFFES et TEINTURE.

MORTIER. La solidité des constructions en maçonnerie dépend, en grande partie, de la qualité des mortiers employés à leur construction. Les monuments romains et du moyen âge, qui existent encore aujourd'hui, nous montrent l'efficacité des procédés usités dans ces époques reculées pour la fabrication des mortiers qui réunissent d'une manière si durable les matériaux qui entrent dans la construction de ces édifices. Des études théoriques, habilement dirigées, ont éclairé, depuis quelques années, la pratique de la fabrication des mortiers, et tout nous porte à croire que cette industrie est aujourd'hui plus avancée qu'elle ne l'a jamais été.

Nous avons renvoyé au mot que nous traitons en ce moment tout ce qui se rapporte à la chaux, aux ciments, aux pouzzolanes, aux bétons, etc. Obligés de traiter dans un cadre restreint des questions aussi nombreuses qu'importantes, puisqu'elles touchent, pour ainsi dire, à tous les points de l'art des constructions, on nous pardonnera de passer rapidement sur les discussions théoriques et de nous borner à exposer les faits d'une application fréquente. Nous chercherons à mettre chacun à même de répéter les expériences qui peuvent diriger dans l'étude de cette matière, et nous nous efforcerons de donner à la fois les règles pratiques et les idées générales qui doivent guider dans l'organisation des travaux de ce genre; heureux si nous pouvons aider à propager les connaissances que doit posséder aujourd'hui tout constructeur éclairé.

Nous partagerons cet article en deux chapitres. Le premier sera divisé en paragraphes dans lesquels on étudiera successivement les différentes matières premières qui entrent dans la composition des mortiers. Le second chapitre traitera de la fabrication et de l'emploi des mortiers et du béton dont les applications se multiplient tous les jours.

CHAPITRE PREMIER.

DES MATIÈRES PREMIÈRES QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DES MORTIERS.

§ 1. CHAUX. On donne le nom de *pierre à chaux* à un carbonate de chaux plus ou moins mélangé de substances étrangères, qui lui donnent quelquefois des propriétés particulières fort utiles. Pour rendre cette matière propre à la fabrication des mortiers il faut toujours la débarrasser de l'acide carbonique qu'elle contient par l'action d'une température convenable.

On partage les chaux en différentes classes d'après les propriétés qu'elles présentent.

1° *Chaux aériennes*. Quand on calcine complétement du marbre blanc, ou des calcaires à peu près purs, la chaux obtenue jouit de la propriété de se combiner avec l'eau en développant une haute température, et de présenter un *foisonnement* considérable, c'est-à-dire que son volume augmente dans une grande proportion. L'hydrate de chaux ainsi obtenu, et réduit en pâte molle, durcit bientôt au contact de l'air en absorbant de l'acide carbonique. Cette pâte de chaux placée sous l'eau ou dans un vase privé d'air et d'acide carbonique conserve indéfiniment son état mou. Cette variété de chaux se dissout entièrement dans une quantité d'eau suffisante, environ sept cent quatre-vingt fois son poids. On lui donne le nom de *chaux grasse*.

Les chaux obtenues par la calcination de calcaires mélangés en forte proportion de magnésie, d'oxyde de fer ou de sable quarzeux, mais qui ne renferment que peu ou point d'argile, se délitent encore par leur contact avec l'eau, mais il se développe peu de chaleur par cette combinaison, et le foisonnement est presque nul. Ce sont les *chaux maigres non hydrauliques*. Elles dur-

cissent à l'air et non dans l'eau, ce qui les fait ranger comme la précédente dans la classe des chaux aériennes.

Nous donnons ici le tableau de la composition d'nn certain nombre de calcaires et des chaux aériennes qu'ils fournissent.

LIEUX DE L'EXTRACTION.	COMPOSITION DES CALCAIRES sur 100 parties.					COMPOSITION DES CHAUX sur 100 parties.					OBSERVATIONS.
	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Oxyde de fer.	Argile.	Sable.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Argile.	Sable.	
Marbre de Carrare. . .	100,0	»	»	»	»	100,0	»	»	»	»	Très grasse.
Vaugirard (près Paris).	98,5	»	»	1,5	»	97,2	»	»	2,80	»	Id.
Lagneux (Ain).	94,0	1,60	3,9	0,5	»	91,6	1,5	»	6,00	»	Grasse.
Vichy (Allier).	87,2	10,00	2,8	»	»	86,0	9,0	»	5,00	»	Médiocr. grasse.
Calvinc (Dordogne). . .	77,8	»	»	2,6	19,64	70,0	»	»	3,25	24,75	Très maigre. Perte 2 p. 100.
Villefranche (Aveyron).	60,9	30,30	8,8	»	»	60,0	26,2	13,80	»	»	Très maigre. Cont. du mangan.

Ces différentes analyses démontrent que les calcaires purs fournissent de la chaux grasse, tandis qne les calcaires très mélangés, mais qui ne renferment pas d'argile, ne donnent qu'une chaux maigre non hydraulique. L'analyse seule d'un calcaire peut donc indiquer d'une manière positive qu'il ne saurait fournir de la chaux hydraulique.

2° *Chaux hydrauliques.* On désigne sous ce nom des chaux, qui, éteintes et réduites en pâte jouissent de la propriété remarquable de durcir sous l'eau après un temps plus on moins long. M. Vicat les partage en trois classes. Les chaux *moyennement hydrauliques* font prise après quinze ou vingt jonrs d'immersion, mais n'atteignent jamais une grande dnreté. Les chaux *hydrauliques* font prise du sixième au huitième jour. Elles continuent à durcir jusqu'an douzième mois ; mais après le sixième mois d'immersion elles présentent déja nne résistance remarquable. Enfin les chaux *éminemment hydrauliques* font prise du deuxième au quatrième jour d'immersion. Après six mois elles ont acquis la dureté de la pierre. On comprend que cette classification n'a rien d'absolu, elle est seulement commode pour exprimer en deux mots les principales qualités d'une chaux donnée.

L'analyse de quelques pierres à chaux hydrauliqnes va nous apprendre quels sont les principes auxqnels est due cette propriété remarquable.

moyennement hydrauliques contiennent 9 à 10 p. 100 d'argile. Les chaux éminemment hydrauliques en renferment 25 à 30 p 100. La chaux de Sénonches nous montre, de plus, qu'une forte proportion d'alumine dans l'argile n'est pas indispensable pour développer l'hydraulicité. La silice, presque pure, mais à l'état hydraté, procure cette propriété.

On regarde en général, comme ponvant donner de la chaux hydraulique certains calcaires assez riches en magnésie. Nous n'en avons pas, à dessein, présenté d'exemple dans le tableau précédent. Le rôle de la magnésie dans ces composés n'est pas encore bien connu. De nombreuses discussions se sont élevées sur ce sujet. Une longue expérience pratique peut seule les éclairer d'une manière complète. Mais les faits déjà connus sont assez graves pour laisser des doutes sur la longue durée des mortiers hydrauliqnes magnésiens. Nons croyons qu'il serait téméraire, dans l'état actuel de la science, d'établir des constructions importantes avec des chaux de cette espèce.

MM. Berthier et Vicat ont fait nn grand nombre d'essais pour déterminer le rôle et le degré d'utilité des différents éléments qui constituent les chaux hydrauliques. Leurs expériences ont démontré que la silice à l'état gélatineux, peut, sans aucun autre mélange, rendre la chaux hydraulique. L'alumine, l'oxyde de fer, la magnésie, l'oxyde de manganèse sont, par eux-mêmes, dépourvus d'action. L'analyse et la synthèse s'accordent, d'ailleurs, à démontrer que les meilleures chaux hydrauliques sont produites par un mélange de chaux, de silice et d'alumine. La proportion la plus convenable de ces deux derniers corps n'est pas encore

LIEUX DE L'EXTRACTION.	COMPOSITION DES CALCAIRES sur 100 parties.					COMPOSITION DES CHAUX Sur 100 parties.					OBSERVATIONS.
	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.	Argile.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.	Argile.	
Saint-Germain (Ain). . .	87,0	0,5	7,1	»	5,4	83,0	0,4	9,6	»	7,0	Moyennement hydraulique.
Chanay (près Mâcon). . .	89,2	3,0	»	»	7,8	84,0	2,5	»	»	13,5	Id. id.
Nîmes (Gard).	86,0	5,0	»	»	9,0	82,5	4,1	»	»	13,4	Hydraulique.
Metz (Mozelle).	78,0	3,0	4,0	trace	15,0	68,3	2,0	5,7	»	24,0	Eminemment hydraulique.
Sénonches (Eure-et-Loire).	80,0	1,0	»	»	19,0	70,0	1,0	»	»	29,0	Id. argile { silice 17, alum. 1, eau. . 1 } dans le calc.

En comparant ces divers analyses on voit que la propriété hydraulique est d'autant plns développée que la proportion d'argile est plus considérablo. Les chaux

parfaitement connue ; il paraît cependant qu'ils doivent se trouver en quantités presque égales. Une longue suite de tâtonnements peut seule trancher la question.

La composition des chaux hydrauliques naturelles étant connue, on essaya d'obtenir, par des mélanges directs des composés analogues. M. Vicat publia avec un noble désintéressement ses découvertes, et, sur ses indications, M. de Saint-Léger monta, près de Paris, une fabrique de chaux artificielle. Cette industrie est aujourd'hui parfaitement connue. Nous reviendrons plus loin sur les détails de cette fabrication, que nous ferons connaître avec soin.

Nous venons de voir que l'hydraulicité des chaux dépend de leur composition. Quand on doit fabriquer de la chaux hydraulique il importe, par conséquent, de pouvoir déterminer d'avance la nature des calcaires dont on peut disposer. Nous allons décrire les procédés employés pour l'essai des chaux et des calcaires. Ces expériences sont très simples, on peut les exécuter, en suivant la marche que nous allons indiquer, sans connaissances préalables en chimie. Nous ne saurions assez engager les fabricants à se familiariser avec leur emploi.

Les calcaires que l'on doit analyser peuvent contenir, en général, de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer et de l'argile. On reconnaît et on sépare ces différents corps de la manière suivante. On pèse 2 ou 3 gram. de l'échantillon donné et on verse dessus, dans un petit verre, de l'acide hydrochlorique étendu à peu près de son poids d'eau. Une effervescence plus ou moins vive se manifeste aussitôt, l'acide carbonique qui se trouvait dans le calcaire se dégage à l'état de gaz, et la chaux, la magnésie et l'oxyde de fer se dissolvent dans l'acide. Si le calcaire est pur il se dissout entièrement, s'il renferme de l'argile elle se dépose au fond du vase. Quand l'addition d'une petite quantité d'acide ne produit plus d'effervescence, on verse sur un filtre la liqueur et le dépôt d'argile; on lave ce dernier avec de l'eau, on le sèche et on le pèse. Cet essai, bien simple, indique déjà la proportion d'argile contenue dans le calcaire et donne une indication importante sur les propriétés hydrauliques de la chaux qu'il produirait. L'examen attentif de l'argile suffit pour faire reconnaître si elle contient du sable ou grains isolés. Si l'effervescence a été très vive on est presque assuré que le calcaire ne contient pas de magnésie, et qu'il fournira une chaux d'autant plus hydraulique que la proportion d'argile sera plus considérable. Avec un peu d'habitude, en prenant pour termes de comparaison des calcaires connus; on peut regarder comme un renseignement suffisant l'essai que nous venons d'indiquer. Mais si on veut connaître complétement la composition du calcaire on continue l'opération comme nous allons l'expliquer. On verse dans la liqueur filtrée, qui renferme la chaux, etc., un peu d'ammoniaque. S'il se forme un trouble, on ajoute un peu d'acide hydrochlorique, puis de l'ammoniaque, qui alors laisse à la liqueur toute sa transparence, à moins que le calcaire proposé ne renferme de l'oxyde de fer qui se dépose alors en flocons rougeâtres; on les recueille sur un petit filtre, on les lave et on les pèse après les avoir séchés. On ajoute dans le liquide filtré de l'oxalate d'ammoniaque. Il se forme alors un dépôt blanc d'oxalate de chaux; après une nuit de repos on le recueille sur un filtre, on le sèche et on le calcine dans une petite capsule de platine. Le produit de la calcination est du carbonate de chaux qu'il ne reste plus qu'à peser. Enfin, on fait bouillir avec du carbonate de potasse la liqueur séparée par la filtration, de l'oxalate de chaux, et il se précipite du carbonate de magnésie en poudre blanche, quand le calcaire proposé en renfermait. On le recueille sur un filtre, on le calcine et on le pèse.

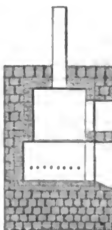
L'analyse d'une chaux donnée est un peu plus compliquée que celle d'un calcaire; voici comment on doit opérer. On verse de l'acide hydrochlorique sur quelques grammes de chaux. La dissolution se fait ordinairement d'une manière complète. S'il y a un résidu on le sépare par le filtre, puis on évapore à siccité la liqueur filtrée. On reprend la masse par l'eau acidulée qui laisse la silice et dissout tous les autres produits. On recueille la silice sur un filtre, puis on verse de l'ammoniaque dans la liqueur filtrée. L'alumine et l'oxyde de fer se précipitent, on les recueille sur un filtre, et, après avoir bien lavé ce précipité on le sèche et on le pèse. Nous n'avons pas besoin de dire ici comment on sépare ces deux corps, l'oxyde de fer étant en général en fort petite quantité. On obtient enfin la chaux et la magnésie comme nous l'avons indiqué en parlant de l'analyse d'un calcaire.

Nous ne sommes pas entrés dans la description de toutes les précautions à employer pour rendre parfaitement exacts les procédés dont nous venons de parler. Ce que nous avons dit suffit dans la pratique des recherches. C'est aux traités d'analyses chimiques que l'on doit demander de plus grands détails. La méthode d'analyse que nous venons d'exposer est très simple, elle exige cependant des pesées, des lavages, etc., qui emploient un certain temps; nous espérons publier bientôt un procédé qui évitera toutes ces opérations et permettra d'essayer une dixaine de calcaires en une heure.

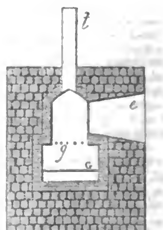
L'analyse chimique convenablement exécutée peut conduire à des résultats certains; cependant nous engagerons toujours à soumettre à la cuisson une certaine quantité des pierres qui ont paru propres à fournir de bonnes chaux.

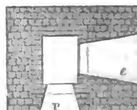
On ne doit pas essayer de calciner les échantillons dans un creuset. Cette opération s'exécute difficilement et donne des indications trop différentes des résultats pratiques. Nous ne saurions trop recommander l'emploi d'un petit fourneau, dont les fig. 1873, 1874 et 1875 indiquent suffisamment la construction. On introduit la pierre à chaux sur la grille *g*, par l'ouverture *e*, et on fait du feu avec de la houille, du coke ou du charbon de bois sur la grille G. Une clef, placée dans le tuyau de tôle *t*, qui surmonte le fourneau, permet d'activer ou de modérer à volonté la température. En cinq ou six heures on peut cuire une quantité de chaux suffisante pour fabriquer du mortier par le procédé même

1874.



1875.





1873.

qui doit être employé. L'expérience ainsi faite ne laisse aucun doute sur la nature des mortiers obtenus.

La chemise intérieure de ce fourneau est en briques réfractaires et enveloppée d'une maçonnerie grossière. L'espace vide *e* ménagé dans cette enveloppe forme une petite étuve fort commode pour sécher des filtres et faire différents essais.

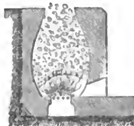
La marche à suivre dans la recherche des pierres à chaux est maintenant suffisamment tracée. On fera d'abord des essais chimiques ; les meilleurs échantillons, indiqués par ces premières expériences, seront soumis à l'épreuve du petit fourneau ; et enfin, on choisira parmi ces derniers les pierres qui pourront être soumises au traitement en grand.

Cuisson de la chaux. Nous avons dit que l'on obtient la chaux, en chassant, par l'action de la chaleur, l'acide carbonique renfermé dans les pierres calcaires. Nous allons maintenant nous occuper de cette opération. La consommation de chaux pour l'agriculture et les constructions est énorme ; il importe d'étudier avec soin le prix de revient de cette fabrication par les différents procédés généralement employés.

On a déjà donné (page 765) la description d'un four à chaux à feu continu et à flamme renversée pour l'emploi de la tourbe. Nous ne reviendrons pas sur ce mode de cuisson, mais nous en avons plusieurs autres à faire connaître.

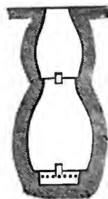
1° *Cuisson en tas.* Quand on est obligé de cuire en peu de temps de grandes quantités de chaux, il serait souvent difficile et toujours coûteux d'établir un nombre convenable de fours. On peut alors employer la méthode des chaufourniers du pays de Galles : ils disposent des tas de calcaire mêlé de houille ; ils les recouvrent de gazon, et dirigent l'opération, comme s'il s'agissait de faire du charbon de bois, en évitant les courants d'air et modérant le tirage suivant l'intensité de la combustion. Cette méthode n'exigeant pas de frais d'établissement peut être très économique, quand il ne s'agit que d'une fabrication temporaire.

2° *Fours intermittents.* Dans les fours de cette espèce, le combustible et la pierre sont chargés séparément. On peut d'ailleurs brûler de la tourbe, de la houille ou du bois. La disposition de ces appareils varie peu ; c'est une cavité (figure 1876) généralement ovoïde, dans laquelle on dispose le calcaire, en formant avec les plus gros morceaux, à la partie inférieure, une espèce de voûte sous laquelle on allume le feu. Quand la chaux est cuite, on la laisse refroidir ; puis on défourne la pierre pour recommencer une nouvelle opération. La main-d'œuvre et la consommation de combustible sont considérables avec ce genre de fours. Chaque cuisson dure trois à quatre jours ; on consomme en moyenne 1,60 à 1,80 stères de bois par mètre cube de chaux, ou une quantité équivalente de fagots.



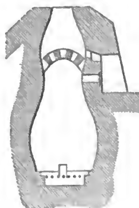
1876.

La température est très inégalement répartie dans les fours dont nous venons de parler. M. Petot, qui a publié un ouvrage intéressant sur la chaufournerie, propose d'adopter des fours à plusieurs compartiments, comme celui de la figure 1877 ; les différentes courbures adoptées sont le résultat de considérations théoriques vérifiées par l'expérience. Le foyer principal est placé à la partie inférieure de la première capacité : un second foyer se trouve ménagé au bas de la capacité supérieure. Cette disposition produit une économie de combustible d'un cinquième environ. Cette forme particulière produit surtout d'excellents résultats, quand on peut utiliser pour la cuisson de la brique le compartiment supérieur. Les deux compartiments se raccordent alors (fig. 1878) par une surface continue, et ne sont séparés que par une légère voûte à claire-voie.



1877.

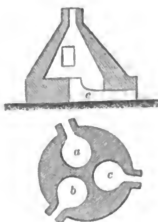
M. Vicat, dont on retrouve le nom dans toutes les questions relatives aux mortiers, a proposé pour la cuisson de la chaux des fours à compartiments (fig. 1879 et 1880). On allumait le feu dans le compartiment *a*, je suppose ; puis on allumait le compartiment *b*, et on laissait éteindre le premier ; enfin, on mettait le feu dans le troisième foyer, quand on jugeait à propos de ne plus entretenir le second. Il résultait de cette disposition que la chaux qui était exposée le plus à l'action du feu, n'y restait soumise que le tiers du temps, tandis que la chaux éloignée des foyers recevait la chaleur pendant tout le temps de l'opération. Cette forme de four n'est toutefois que rarement employée.



1878.

3° *Fours à feu continu.* Dans ce dernier genre d'appareil, on charge d'une manière continue la pierre à chaux et le combustible à la partie supérieure, et on retire de la chaux cuite à la partie inférieure. L'économie de combustible produite par cette méthode est assez considérable, puisque le four ne se refroidit jamais ; et d'ailleurs, avec une bonne disposition du four, la chaux sort presque froide ; de sorte qu'elle restitue à la pierre à calciner toute la chaleur qu'elle avait empruntée. Les fours de dimensions ordinaires fournissent facilement 18 à 22 mètres cubes de chaux par jour. Avec quelques-uns de ces appareils, on peut par conséquent fournir à la consommation du chantier le plus considérable. Quelques inconvénients se trouvent cependant à côté des nombreux avantages que nous venons de signaler. Les fours à feu continu fournissent presque toujours un assez grand nombre de biscuits, et la cendre du combustible, en restant mêlée à la chaux, altère les qualités de quelques fragments. Ces inconvénients seraient facilement évités par l'emploi de fours à flammes renversées. Les essais, dans ce sens, n'ont pas été malheureusement assez multipliés.

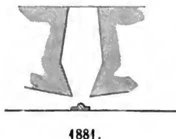
1880.



1879.

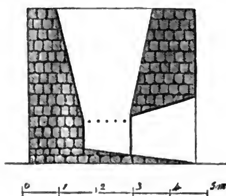
Les formes des fours à feu continu sont excessivement variées ; il serait inutile de les faire connaître toutes. Nous donnerons seulement le profil d'un four à

la houille à feu continu (fig. 1881) fortement recommandé par M. Vicat, et le dessin, en coupe et en élévation (fig. 1882 et 1883), d'un four dont nous avons pu apprécier les bons résultats. La chaux repose sur une grille formée de quelques barres de fer; on la fait tomber en retirant une des barres, quand cela est nécessaire. Les grilles employées dans les fours à chaux facilitent l'introduction de l'air si nécessaire à la calcination : elles sont d'une véritable utilité. La consommation de houille varie avec la nature du calcaire et la disposition de l'appareil dans des limites fort étendues, depuis deux jusqu'à cinq hectolitres par mètre cube de chaux.



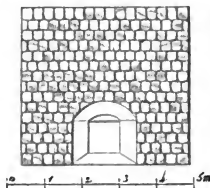
1881.

Quelle que soit la méthode employée pour cuire la chaux, on a remarqué que l'introduction de la vapeur



1882.

d'eau et le passage d'une masse d'air considérable dans le four facilitent le dégagement de l'acide carbonique. Les pierres tendres et poreuses se cuisent plus facilement que les pierres compactes. Le calcaire récemment extrait et encore humide se décompose plus vite que



1883.

celui qui est depuis longtemps exposé à l'air. Quand on n'a que des pierres extraites depuis longtemps, il faut les arroser d'eau avant de les charger dans le four. Les chaufourniers ont fait, depuis longtemps, une remarque qui, pour n'être pas encore bien expliquée, n'est pas moins réelle. La voici : quand la température d'un four à chaux vient à diminuer notablement avant que la cuisson ne soit complète, il est presque impossible ensuite, quelle que soit la température employée, de chasser le reste de l'acide carbonique pour terminer l'opération.

Quand on se trouve obligé d'arrêter momentanément la marche d'un four à feu continu, il faut donc boucher soigneusement toutes les ouvertures, étouffer le feu, comme disent les ouvriers, et s'opposer, par tous les moyens possibles, à la diminution de la température de la masse.

La température à laquelle on cuit la chaux grasse est peu importante; un excès de température n'altère pas ses propriétés. Il n'en est pas de même des chaux hydrauliques : il faut une grande habileté pour arriver à une cuisson parfaite. On doit, en effet, chasser tout l'acide carbonique, mais arrêter à temps la chaleur; car une température trop élevée fait éprouver un commencement de fusion aux éléments des chaux hydrauliques, et détruit complétement toutes leurs propriétés utiles.

Fabrication de la chaux hydraulique artificielle. D'après ce que nous avons dit sur la composition de la chaux hydraulique, on comprend qu'il suffit de combiner de l'argile à de la chaux grasse pour la transformer en chaux hydraulique. La chaux hydraulique artificielle peut se préparer par deux méthodes différentes. On distingue, en effet, la chaux hydraulique de *première cuisson* et la chaux hydraulique de *seconde cuisson*. La première est un peu plus économique; la seconde paraît un peu meilleure. Quand on peut disposer de calcaires très tendres, de craie par exemple, on les réduit en bouillie, et on les mélange parfaitement à une quantité convenable d'argile au moyen de l'eau et de l'action des meules verticales; on laisse un peu sécher le mélange; et quand il a acquis la consistance convenable, on le moule en briquettes que l'on fait cuire par les moyens ordinaires. Ce procédé est suivi dans la fabrique de M. de Saint-Léger établie près de Paris. La craie de Meudon est mélangée avec 14,3 pour 100 environ d'argile de Vanvres. On délaie les matières dans l'eau, et on les soumet à l'action des meules verticales tournant dans une auge circulaire. La bouillie claire, résultant de cette opération, est transportée dans des bassins en maçonnerie; les terres se déposent, et l'eau en excès s'écoule. Quand la pâte est convenablement durcie, on la moule en briquettes que l'on cuit avec précaution.

La chaux de M. de Saint-Léger, ainsi préparée, renferme :

Chaux			74,6
Argile	silice	15,86	23,8
	alumine	7,93	
Oxyde de fer			1,6
			100,0

Elle se dissout complétement dans les acides, et foisonne de 0,65 de son volume : elle se vend à Paris 60 francs le mètre cube. C'est beaucoup moins cher que les chaux hydrauliques naturelles que l'on peut avoir à Paris; mais c'est encore un prix élevé. On a fabriqué, pour les travaux de la navigation de l'Oise, des chaux hydrauliques artificielles qui ne revenaient qu'à 20 francs le mètre cube.

Nous devons appeler l'attention des constructeurs sur une fabrication peu connue jusqu'à présent, mais qui a toujours donné d'excellents résultats à ceux qui l'ont employée. Les marnes sont, comme on sait, des mélanges d'argile et de calcaire en proportions très différentes. Il suffit d'ajouter tantôt de l'argile, mais plus souvent de la chaux, pour obtenir un mélange contenant 20 parties d'argile pour 140 de calcaire. Les marnes se délaient facilement dans l'eau; de sorte que le mélange intime des corps employés s'obtient presque sans frais. Quand la pâte est devenue assez ferme par la

dessiccation, on l'étend en couche de 0m,08 à 0m,10 d'épaisseur sur une aire bien battue, et on la découpe en morceaux de formes plus ou moins régulières au moyen d'une bêche dont le tranchant présente deux lignes droites formant un angle presque droit. On laisse un peu durcir ces espèces de briquettes, et on les soumet à la cuisson.

Voici, du reste, comment on peut établir en moyenne le prix de revient de la fabrication d'un mètre cube de chaux hydraulique artificielle à simple cuisson.

Indemnité de terrain, suivant les localités.	pour mémoire.
Extraction et approche des matières premieres, comme craie, marne et argile, puis des fours, suivant les distances.	pour mémoire.
Trituration, mélange et façon des briquettes.	4,00
Charbon pour la cuisson, 2 à 2,5 hectolitres, suivant le pays. . . .	pour mémoire.
Charge, soin du four et emmagasinement.	2,50
Frais d'établissement par mètre cube.	2,00
Prix du mètre cube.	

La chaux hydraulique artificielle à double cuisson s'obtient en mélangeant l'argile à la chaux grasse cuite et éteinte. La manipulation est d'ailleurs la même que la précédente.

Le prix de revient peut en moyenne être établi de la manière suivante :

Un mètre cube de chaux grasse éteinte, suivant les pays.	pour mémoire.
Fourniture de 0,20 à 0,25 d'argile, suivant les distances de transport et les difficultés d'extraction.	pour mémoire.
Mélange de la chaux et de l'argile, trituration et façon des briquettes. .	3,00
Charbon pour la cuisson des briquettes, 1,5 hect. à 2,00 hect., suivant les pays.	pour mémoire.
Charge, soin du four et emmagasinement.	2,50
Frais d'établissement et de roulement par mètre cube.	2,25

Les bénéfices sont compris dans les deux sous-détails que nous venons de donner et évalués à environ 12 p. 100. On suppose, en outre, que le prix de la journée de manœuvre est de 2f,25, et qu'un chaufournier est payé 4f,00.

Voici, du reste, d'après M. Vicat, le prix de revient de la chaux hydraulique artificielle employée au pont de Souillac. C'était le premier essai en grand et on se trouvait dans des circonstances assez difficiles.

Fournitures.

34m c,55 de chaux grasse vive, laquelle sera rendue par la fournée (mémoire).	00,00	
5m c,76 d'argile cubée en poussière à 6f le metre cube.	34,56	
43m c,18 de pierre calcaire à chaux grasse pour rendre la chaux empruntée et former la base du chargement à 3f l'un.	129,54	
150m c de bois à brûler à 4f,20 l'un.	630,00	
	794,10	
Total des fournitures.		794,10
A reporter.		794,10

Report.		794,10
Main-d'œuvre.		
Extinction par immersion de 34m c,55 de chaux grasse 56 journées à 1f,50 l'une.	84,00	
Mélange de cette chaux avec l'argile, 140 journées à 1f,50. . .	210,00	
Division de la pâte et étalage au soleil, 65 journées à 1f,50. . . .	97,50	
Enlèvement, transport et emmétrage de 50m c de briquettes, 16 journées à 1f,50.	24,00	
Le chargement dans le four de 50m c de pierre à chaux factice et de 43m c,18 de pierre à chaux grasse ont employé :		
7 journées de maître-chaufournier, à 3f.	21,00	
36,4 journées d'aides, à 2f. . .	72,80	
La cuisson et l'entretien du feu pendant 6 jours ont employé :		
12 journées de maître-chaufournier, à 3f.	36.00	
24 journées d'aides, à 2f. . .	48,00	
Total de la main-d'œuvre.	593,30	
		593,30
Total de la dépense.		1387,40
1/5 pour faux-frais et bénéfices. . . .		277,50
Valeur de 50m c de chaux factice, réduite à 40 par le retrait de la matière.		1664,90

Soit 41f,62 le mètre cube. Mais nous répétons que ce prix est beaucoup trop élevé, puisque le mélange se faisait à la main, la cuisson dans des fours intermittents, etc.

§ 2. CIMENTS. Nous décrirons sous ce nom différentes variétés de chaux éminemment hydrauliques qui jouissent de la propriété remarquable de se solidifier en quelques heures, soit au contact de l'air, soit sous l'eau.

MM. Wyatts et Parker obtinrent à Londres, en 1796, une patente pour la fabrication d'une nouvelle espèce de chaux qu'ils désignèrent improprement sous le nom de *ciment romain*. On fabrique en Angleterre une très grande quantité de ce ciment, et on a publié à Londres un ouvrage volumineux sur son emploi et sur les usages auxquels on peut l'appliquer. Le ciment romain fait prise en 15 ou 20 minutes. Il acquiert en peu de temps une grande dureté, surtout lorsqu'il est dans l'eau, n'éprouve aucun retrait, et ne présente ni fentes ni gerçures. Les façades de presque toutes les maisons de Londres sont enduites d'une couche de ciment mélangé d'environ 60 p. 100 de sable quarzeux fin. On emploie ce ciment en grande quantité à la digue de Cherbourg (Manche).

La pierre à ciment d'Angleterre renferme :

Carbonate de chaux.	65,7
Carbonate de magnésie. . . .	0,5
Carbonate de fer.	6.0
Carbonate de manganese. . .	1,6
Silice.	18,0
Alumine.	6,6
Eau.	1,6
	100,0

C'est un calcaire à grain fin, très dur, d'un gris bleu ; sa densité est très considérable : elle est 2,59. Ces calcaires sont cuits dans des fours à houille à feu continu. On doit conduire le feu avec beaucoup de soin, car ce calcaire éprouve facilement un commencement de fusion qui le rend impropre à toute espèce

d'usage. Après la cuisson, on le réduit en poudre au moyen de meules verticales et on l'expédie dans des tonneaux bien fermés.

Il existe près de Boulogne des falaises composées de bancs d'argile mêlée de galets tout à fait semblables au calcaire à ciment d'Angleterre. On a fabriqué avec ces galets du *plâtre-ciment* qui ne différait en rien de celui de Parker. Il renfermait :

Chaux.	56
Argile.	31
Oxyde de fer.	13
	100

M. Lacordaire a découvert à Pouilly des amas considérables d'un calcaire qui fournit un ciment supérieur à certains égards au ciment anglais. La couleur foncée de ces différents ciments rendait leur emploi impossible pour le ragréement des maçonneries en pierres blanches. On commence à trouver en grande quantité dans le commerce un ciment de Vassy, qui est d'une couleur presque blanche et qui jouit des mêmes propriétés que les ciments dont nous venons de parler. On l'emploie avec avantage pour restaurer les pierres épaufrées, etc.

Les ciments calcaires sont d'un emploi continuel dans les travaux hydrauliques de toute nature. Ils sont surtout précieux dans les travaux à la mer : s'il s'agit, par exemple, de mettre à l'abri des vagues une partie de maçonnerie construite à la hâte pendant la basse mer, on applique une couche de ciment qui empêche le délayage des mortiers frais et leur donne le temps de faire prise. Dans une grande fouille, une source inonde les travaux, les épuisements ne peuvent la surmonter ; avec le ciment on peut presque toujours la vaincre. On la réunit en un point ; on élève rapidement autour de sa sortie une petite tour en briques cimentées, dans laquelle l'eau s'élève bientôt assez pour faire équilibre à la force jaillissante de la source. On jette alors au fond de cette espèce de puits quelques blocs de ciment qui ferment l'ouverture. Après quelques heures, on peut démolir l'ouvrage en briques, la source est emprisonnée pour toujours.

L'application des ciments est assez délicate et exerce la plus grande influence sur les résultats qu'ils présentent. On doit les gâcher en consistance convenable et en petites quantités à la fois, et les appliquer en les pressant fortement et appliquant toujours une couche sur une autre encore fraîche sans jamais interrompre le travail. Quand on opère sur des matériaux secs, il faut, avant d'appliquer le ciment, les nettoyer soigneusement, et les mouiller d'une manière complète en les arrosant avec le jet d'une pompe à incendie ou à arrosage.

Nous avons vu que l'on peut fabriquer de la chaux hydraulique artificielle en mélangeant les éléments que l'analyse nous fait découvrir dans les chaux hydrauliques naturelles. Peut-on de même former des ciments en cuisant des calcaires avec 30 ou 35 p. 100 d'argile? Jusqu'à présent les mélanges ainsi composés ont fourni des composés très hydrauliques, mais, il faut le dire, différents des ciments naturels et incapables de les remplacer. La composition n'influe pas seule sur la promptitude de la prise et la dureté du composé ; l'état d'agrégation du calcaire doit jouer un rôle important, et il est impossible, par les procédés habituellement suivis, de donner aux mélanges la dureté, et surtout la densité considérable que présentent les calcaires qui fournissent maintenant les ciments. Cependant la préparation artificielle des ciments est probablement un problème que l'industrie finira par résoudre. Quelques essais en petit me portent même à croire que la solution est assez facile. Du reste, les calcaires de toute espèce sont si abondants dans la nature qu'il y a lieu d'espérer que des recherches entreprises pour trouver des pierres à ciment seront dans beaucoup de localités couronnées d'un plein succès. Dans les terrains des marnes irisées du département de Saône-et-Loire, on a trouvé des calcaires qui donnaient d'excellents ciments. Malheureusement il y avait des échantillons riches en magnésie que l'on ne pouvait pas distinguer pour les séparer, et les portions de ciment qui les renfermaient ont présenté de fâcheux résultats qui ont fait rejeter ce produit par les constructeurs.

§ 3. SABLE. Les sables sont les substances que l'on mélange le plus habituellement à la chaux pour former les mortiers. Nous examinerons plus loin quel est le rôle du sable dans les mortiers, nous ne voulons indiquer maintenant que les qualités qu'il doit présenter.

Les sables proviennent de la désagrégation des roches granitiques, basaltiques, quarzeuses, etc. Ils renferment les mêmes éléments que les roches qui leur ont donné naissance. On distingue les sables des poussières en ce qu'ils se précipitent sur-le-champ quand on les agite dans une eau limpide, et cela sans en altérer sensiblement la transparence.

Les roches en se désagrégeant produisent souvent des poussières qui restent mélangées avec les sables formés en même temps et les rendent *gras*, c'est-à-dire susceptibles d'acquérir une certaine consistance lorsqu'on les détrempe avec de l'eau.

La pureté des sables entraînés par les rivières est souvent altérée par le mélange de substances terreuses qui les rendent limoneux. On doit éviter dans la fabrication des mortiers les sables ainsi mélangés.

Le sable entraîné par les rivieres n'est pas le seul employé dans les constructions. On rencontre souvent de grandes masses de sable là où ne coulent plus aujourd'hui ni ruisseaux ni rivières. Ce sont les sables *fossiles*. Ils offrent en général des grains plus anguleux que le sable de mer ou de rivière. Il faut bien les distinguer des sables *vierges* produits par des causes encore agissant aujourd'hui, et qui se trouvent, par exemple, au pied de certaines montagnes granitiques.

On trouve très peu de sables calcaires ; les roches de cette nature sont trop tendres pour se réduire en sable, elles ne fournissent que des poussières. Aussi la Marne, qui prend sa source et qui coule presque toujours dans des terrains calcaires, ne roule-t-elle qu'un limon vaseux.

Les auteurs engagent en général à éviter l'emploi du sable de mer. Ce conseil ne doit pas être pris à la lettre. On doit certainement éviter l'emploi des sables imprégnés de sels déliquescents ; mais toutes les fois que l'on trouve sur les bords de la mer des graviers, ou même des sables fins souvent lavés ou que l'on peut laisser exposés à l'air et à la pluie pendant quelque temps, leur usage ne peut présenter aucun inconvénient, et nous les avons vu souvent employer avec succès pour des travaux importants. Nous avons vu démolir, en Bretagne, une vieille jetée dont la construction remontait à une époque fort reculée ; le mortier était encore excellent, et nous avons pu reconnaître que le sable qui le formait avait été pris sur la grève : car il ressemblait parfaitement à celui que l'on y trouve encore aujourd'hui. D'ailleurs il eût été impossible de le prendre à une autre source ; car les environs étaient tout-à-fait dépourvus de gravières.

Les sables quarzeux purs ne sont pas attaqués par les acides. La chaux est aussi sans action chimique sur les sables purs. M. Berthault a démontré que l'on peut retirer d'un mortier tout le sable qu'il renferme et qu'il n'a ni perdu de son poids ni subi aucune altération par son long contact avec la chaux. Le sable ne donne pas à la chaux la propriété de prendre sous l'eau ; c'est sous

ce rapport une matière inerte. On ne doit pas conclure de là que le sable est sans utilité dans les mortiers ; outre l'économie qu'il procure dans la fabrication, il joue un rôle important dans leur solidification et dans le degré de résistance qu'ils présentent, comme nous le verrons plus loin (chap. II). Mais il ne modifie pas les propriétés dues aux actions chimiques.

§ 4. POUZZOLANES. Nous nous occuperons dans ce paragraphe, non seulement de la pouzzolane proprement dite, mais encore des *arènes*, des *psammites* et en général de toutes les substances dont la combinaison *à froid* avec la chaux grasse produit des mortiers hydrauliques. Le mode d'action de tous ces corps étant analogue, nous avons cru devoir les réunir.

Nous avons déjà dit que la *calcination* de la chaux grasse et de l'argile produit un composé susceptible de durcir sous l'eau, nous allons maintenant faire connaître les méthodes qni permettent de produire à froid, par la voie humide, le même composé, ou du moins un composé jouissant des mêmes propriétés. Le sujet que nous allons traiter présente une grande confusion : beaucoup de faits encore douteux. Nous nous efforcerons d'être clairs sans oser l'espérer.

1° *Pouzzolanes naturelles*. La pouzzolane proprement dite est une matière volcanique, pulvérulente, d'un rouge violet, exploitée pour la première fois par les Romains, près de Pouzzoles, en Italie, où elle existe en quantité considérable. On a cru pendant longtemps que la pouzzolane n'existait que dans la localité que nous venons d'indiquer; aussi la faisait on venir à grand frais toutes les fois que l'on avait besoin d'un mortier hydraulique. Les environs de Rome en fournissent également, et le naturaliste Faujas de Saint-Fond a démontré qu'il en existe en France, ce que beaucoup d'autres personnes ont, du reste, reconnu depuis lui. On rencontre ces composés dans les terrains volcaniques brûlants et les terrains volcaniques à cratères. Souvent il en existe des couches plus ou moins puissantes, soit au pied des coulées de lave, soit entre les couches de deux coulées successives. Certaines laves poreuses peuvent elles-mêmes servir comme pouzzolanes après avoir été réduites en poussière.

Les pouzzolanes sont caverneuses, scoriacées et portent l'empreinte d'un feu plus ou moins violent. Leur couleur varie du noir au brun; elles passent au janne et même au rouge suivant les quantités d'oxyde de fer qu'elles renferment. Toutes ces substances sont composées de silice et d'alumine combinées avec un peu de chaux, et quelquefois de potasse, de soude, de magnésie et de fer. Elles renferment en outre du peroxyde de fer simplement mélangé.

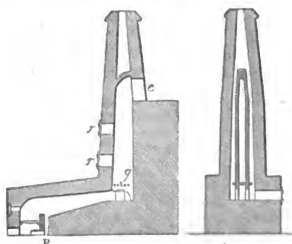
On doit toujours réduire les pouzzolanes en pondre avant de les employer. Leur action est d'antant plns energique, toutes choses égales d'ailleurs, qne leur pulvérisation est plus parfaite. Cette opération s'exécute assez facilement au moyen de meules verticales tournant dans une auge circulaire. On a proposé l'emploi de cylindres cannelés tournant les uns contre les autres, ou bien une espèce de grand moulin à café formé d'une noix conique en fonte tournant dans un vase du même métal. Ces appareils, assez satisfaisants en théorie, donnent de mauvais résultats pratiques, parce qu'il arrive toujours, malgré les soins apportés à écarter l'humidité et les autres accidents, que les cannelures se remplissent de la matière, de sorte qu'après quelque temps on n'a plus qu'un laminoir qui ne *moud* plus du tout la pouzzolane. Autrefois, on expédiait d'Italie la pouzzolane en fragments; on commence aujourd'hui à la pulvériser dans le pays, d'après les conseils de M. Poirel, ingénieur des travaux du port d'Alger; qui se trouva forcé d'en consommer une grande quantité au commencement de son service. La pulvérisation effectuée en Italie, dans des ateliers spéciaux, doit certainement coûter moins cher que partout ailleurs; cependant, nous conseillerons toujours aux personnes qui auront à employer de la pouzzolane d'Italie de la demander en fragments. Car une fois réduite en poudre, il est facile de la falsifier, et la fraude serait alors assez difficile à reconnaître.

2° *Pouzzolanes artificielles*. On donne ce nom, par analogie, à toutes les substances qui peuvent, par une préparation convenable, former avec de la chaux grasse un mortier susceptible de durcir sons l'eau. — Les composés rangés dans cette catégorie sont assez nombreux. Nous les examinerons successivement.

Les argiles, composées, comme on sait, de silice et d'alumine et plus ou moins mélangées de carbonate de chaux et d'oxyde de fer se transforment en excellentes pouzzolanes par l'action d'une calcination convenable. — La cuisson de l'argile peut s'exécuter de différentes manières. Le premier moyen qui se présente consiste à la réduire en poudre et à la faire rougir sur des plaques en fer exposées à l'action du feu. On remue sans cesse la matière pour que toutes les parties atteignent la même température. L'expérience indique bientôt le temps nécessaire et la température la plus convenable. Ce procédé n'a pas encore été employé dans les arts : ce serait le meilleur si on pouvait le rendre économique. On arriverait probablement à ce résultat par l'emploi d'un cylindre en fonte chauffé extérieurement et animé d'un mouvement de rotation sur son axe. L'argile introduite à l'une des extrémités du cylindre sortirait à l'autre extrémité calcinée aussi uniformément que possible. — Cette disposition a déjà été employée par un fabricant de Saône-et-Loire; mais il n'a pas donné suite à ses expériences à ce sujet.

Il est bien constaté que le contact de l'air pendant la cuisson des matières pouzzolaniques développe singulièrement leurs propriétés. La nature de cette action n'est pas parfaitement expliquée; mais il n'en est pas moins vrai que l'on doit tenir compte de ce fait. Il convient donc de rendre les argiles, avant leur cuisson, le plus poreuses possible. On peut obtenir ce résultat en les mélangeant avec du sable quarzeux; mais ce moyen présente l'inconvénient d'altérer la pureté des pouzzolanes obtenues. Il vaut mieux mêler l'argile avec des matières combustibles, de la sciure de bois, do la paille hachée ou de la balle de blé. Le plus souvent on ne prend aucune de ces précautions : on se contente de diviser l'argile en fragments gros comme des œufs et à la soumettre, dans cet état, à une température convenable. La méthode généralement employée pour la cuisson des argiles à pouzzolanes consiste à les placer à la partie supérieure des fours à chaux. La violence des courants d'air qui existent dans ces appareils favorise beaucoup la transformation de l'argile en pouzzolane. Dans une fabrication régulière de quelque importance, l'emploi de fours à réverbère produit d'excellents résultats. M. Petot a fait construire à Brest ponr la cuisson des pouzzolanes un four à réverbère d'une forme particulière dont les fig. 1884 et 1885 feront comprendre la disposition. La cheminée est partagée dans nne partie de sa longueur en trois compartiments. On introduit la matière à calciner par l'ouverture *e* dans le compartiment du milieu : elle s'échauffe en descendant et arrive bientôt sur la tôle ou s'étend en couches minces au moyen de ringards. Quand la torréfaction est terminée, on amène la pouzzolane dans le puisard P situé derrière l'autel et on la retire quand son refroidissement est complet. — Les ouvertures *r*, *r* servent à agiter et à faire tomber les substances si elles venaient à s'agglutiner et à s'arrêter dans la cheminée. La grille *g* empêche qu'une trop grande masse de pouzzolane tombe à la fois sur la sole. Dans quelques fours plus perfectionnés il y a jusqu'à trois soles superposées que la pouzzolane parcourt successivement.

Ce que nous avons dit de la pulvérisation des pouzzolanes naturelles s'applique à celles qui nous occupent



1884. 1885.

maintenant et à toutes les variétés que nous avons encore à décrire.

La durée et l'intensité de la torréfaction exerce sur ces produits une énorme influence. Il importe de l'étudier avec soin. Voici le résultat de quelques expériences exécutées sur une argile ocreuse.

Durée de la torréfaction.	Perte de poids.	Ordre dans lequel a eu lieu la vitesse de prise des mortiers	Dureté après 2 mois.
minutes.	grammes.		
5	11.00	4	900
7	11.00	3	1000
10	9.50	3	1000
15	9.65	2	1100
20	14.60	1	1500
25	11.80	1	1500
30	12.20	2	1200
40	12.50	4	600
60	11.00	5	500
120	11.00	6	200

On voit par ce tableau que l'intensité de la pouzzolane augmente d'abord pour décroître ensuite. Le point le plus convenable répond à peu près à la température de cuisson de la chaux ou de la bonne brique.

Les arènes sont des sables, formés sur place par la décomposition des roches anciennes, qui forment avec la chaux grasse des mortiers hydrauliques. La couleur de ces sables varie du rouge brun au jaunâtre. Ils sont très abondants à la limite des terrains anciens et des terrains secondaires; ils occupent ordinairement le sommet des collines arrondies et peu élevées · on les rencontre fréquemment dans le Périgord et la Champagne.

M. Girard de Caudenberg, ingénieur qui s'est livré à une étude alternative des arènes, a reconnu qu'elles doivent leurs propriétés à l'argile qu'elles contiennent en plus ou moins grande quantité. Une légère calcination augmente l'énergie de leurs propriétés.

On confond sous le nom de *psammites* des espèces très nombreuses d'assemblages de grains de quartz, de mica, de feldspath et de schiste agglutinés par des ciments variables. Nous n'avons à considérer, au point de vue qui nous occupe, que les psammites schistoïdes, jaunes, rouges, ou bruns, à grains fins, onctueux au toucher et faisant pâte argileuse avec l'eau. Ils proviennent de la décomposition des roches schisteuses primitives. On les trouve en veines dans les schistes du département du Finistère. M. l'ingénieur Avril, qui les a employées pour le canal de Nantes à Brest, mêlait une partie de chaux grasse en pâte et trois parties de psammite calciné et pulvérisé. Le mortier faisait prise après 17 jours d'immersion.

Certains *grès* friables renferment une gangue argileuse qui leur donne la propriété de rendre hydraulique le mortier de chaux grasse. M. Minard les a observés pour la première fois auprès de La Fère, à l'époque de la construction du canal de Saint-Quentin. Ces grès existent en bancs plus ou moins épais, reposant sur la craie. Leur dureté est variable, ils jouissent de propriétés pouzzolaniques d'autant plus énergiques qu'ils sont plus compactes. Mais les frais de pulvérisation seraient considérables avec des roches dures; on se borne donc à l'emploi, encore suffisant, des parties assez friables pour être désagrégées pour un seul passage à la claie.

Les grès pouzzolaniques torréfiés en plein air sur une plaque de tôle deviennent plus énergiques. Calcinés au contraire en vases clos, ou même dans un four à chaux ordinaire, ils perdent en partie leurs propriétés. La meilleure proportion du mélange paraît être de trois parties de grès et d'une de chaux grasse en poudre. Les mortiers sont assez gras, vu la ténuité du grès; on doit les brasser avec soin et à deux reprises différentes à quelques heures d'intervalle.

On désigne, improprement dans les constructions, sous le nom de *ciment*, de la brique ou du tuileau pulvérisé que l'on mêle à la chaux. L'emploi de ces corps ne peut présenter aucune sécurité : on conçoit en effet que l'on met au rebut les pièces trop ou trop peu cuites, que d'ailleurs les briques sont mélangées de sable, et même souvent fabriquées avec des terres grasses, et non avec des argiles, de sorte qu'il est impossible de compter sur la régularité des effets obtenus.

Les *cendres de houille* ou *de tourbe* présentent quelquefois des propriétés pouzzolaniques assez développées; mais elles sont souvent tout à fait inertes. L'emploi de ces substances ne sera jamais d'une grande importance.

Les *laitiers* de haut-fourneau, les *crasses* de forges, connues sous le nom de *mâchefer*, ne sont que des pouzzolanes peu énergiques. On ne doit les mêler qu'à des chaux déjà un peu hydrauliques par elles-mêmes.

On a quelquefois employé avec succès une combinaison particulière d'argile et de potasse, connue sous le nom de *ciment d'eau forte;* mais ce produit ne se rencontre plus dans le commerce, depuis que l'on fabrique l'acide nitrique en décomposant par l'acide sulfurique le nitrate de potasse.

Nous venons de passer en revue les différentes substances que l'on mélange ordinairement à la chaux pour former les mortiers hydrauliques; nous allons examiner en peu de mots les propriétés chimiques de ces différents corps.

Les pouzzolanes naturelles ou artificielles, et les substances que nous avons rangées par analogie dans la même division, peuvent être partagées, comme l'a fait M. Vicat, en trois classes principales. Les matières *très énergiques* mêlées avec la chaux grasse produisent un mortier qui fait prise du premier au troisième jour après l'immersion, et qui, après un an, est aussi dur que la bonne brique et donne avec la scie à ressort une poussière sèche. Les matières *énergiques*, dans les mêmes circonstances, donnent un mortier qui ne fait prise que du quatrième au huitième jour, qui ne présente après un an que la dureté de la pierre tendre, et qui donne avec la scie à ressort une poussière humide. Enfin, les matières *peu énergiques* produisent des mortiers qui ne font prise que du dixième au vingtième jour, qui n'atteignent jamais que la consistance du savon et qui empâtent la scie à ressort. Nous avons déjà vu d'ailleurs que les sables sont des matières inertes.

Cela posé, nous dirons d'abord que rien dans les caractères physiques ne peut faire juger d'une manière, même approximative, du degré d'énergie de ces différents corps. On doit seulement remarquer que les matières vitrifiées et très denses sont toujours médiocres. L'expérience directe peut seule donner des renseignements positifs. Les caractères chimiques sont eux-mêmes assez incertains ; cependant ils peuvent fournir des indications importantes.

L'argile des arènes séparée de son sable, et les psammites mis en contact pendant quelques jours avec l'acide hydrochlorique, abandonnent une partie de leur fer et de leur alumine.

L'acide hydrochlorique dissout la chaux et l'oxyde de fer qui se trouvent dans les argiles ordinaires, mais il n'attaque presque pas l'alumine qu'elles renferment.

L'action des acides sur les pouzzolanes naturelles et artificielles est très variée. Quelquefois il se dissout une grande quantité de fer et d'alumine ; dans d'autres circonstances la matière n'est nullement attaquée. Les éléments de ces divers composés se trouvent donc engagés dans des états de combinaison très différents : les uns sont simplement mélangés, les autres sont retenus par une affinité ou une cohésion énergique.

Les essais par les acides ne donnent donc que des indications assez vagues. Il n'en est pas de même de l'action de l'eau de chaux qui mérite un examen très attentif, et qui pourra peut être donner plus tard un moyen de mesurer exactement et en peu de temps la puissance pouzzolanique d'une substance donnée.

L'eau de chaux mise en contact avec une quantité suffisante d'arènes, de pouzzolanes, etc., réduites en poudre est rapidement décomposée ; la chaux se combine à la substance employée et se précipite avec elle. Cette action est d'autant plus énergique que la propriété pouzzolanique de la matière est plus développée. L'essai se réduit donc à projeter de petites quantités de pouzzolane dans un volume déterminé d'eau de chaux, jusqu'à ce que toute la chaux soit précipitée, ce que l'on reconnaît à ce que le liquide n'est plus troublé par l'addition d'une goutte de carbonate de soude. La puissance pouzzolanique est proportionnelle au volume d'eau de chaux décomposée, et la dureté du mortier fabriqué avec la substance soumise à l'essai paraît suivre la même loi. Voici une expérience de M. Vicat qui le démontre d'une manière assez exacte.

Pouzzolane employée.	Eau de chaux dépouillée.	Résistance du mortier.
100 parties	700	640
100 p. d'un autre échantillon.	66	97

Voici du reste, d'après le même ingénieur, les quantités d'eau de chaux qui peuvent être décomposées par différentes matières pouzzolaniques :

		Eau de chaux dépouillée.
Argiles crues.	100 parties d'argile des arènes.	1100
	100 p. de bonnes argiles à pouzzolane à l'état naturel. . .	400 à 500
Argiles cuites.	100 p. de bonne argile à pouzzolane calcinée au rouge à l'air.	260
	100 p. de bonne argile à pouzzolane calcinée en vases clos.	100
	100 p. d'argile donnant une pouzzolane médiocre. . .	60 à 80
	100 p. d'argile donnant une mauvaise pouzzolane. . .	25 à 38
	100 p. de pouzzolane d'Italie. .	147

On peut évaluer, en général, de la manière suivante le prix de revient du mètre cube de pouzzolane artificielle fabriquée par la cuisson d'une argile convenable.

Extraction, indemnité de terrain et transport aux fours (suivant les localités).	mémoire.
Arrosage, trituration, façon des briquettes, une journée de manœuvre.	1f,50
Charge, soin du four, décharge. . . .	1f,50
1 hectolitre de charbon de terre (suivant les pays).	mémoire.
Pulvérisation tamisage et emmagasinement.	4f,00
Frais d'établissement pour manége, fours, machine à pulvériser, estimés par mètre cube.	2f,00
Prix du mètre cube. . . .	

Le bénéfice d'environ 10 p. 100 est compris dans les prix ci-dessus.

CHAPITRE II.

DE LA FABRICATION ET DE L'EMPLOI DES MORTIERS ET DES BÉTONS.

§ I. *Extinction de la chaux.* Les procédés employés pour éteindre la chaux, c'est-à-dire la combiner avec une quantité convenable d'eau, sont au nombre de trois. Cette opération préliminaire de la fabrication des mortiers exerce une assez grande influence sur leurs qualités. Nous devons l'examiner avec quelques détails.

Procédé ordinaire. La méthode la plus généralement employée consiste à jeter la chaux dans une quantité d'eau suffisante pour la transformer en bouillie épaisse. La chaux s'échauffe, se fend avec bruit, se boursouffle et se réduit en pâte ou en bouillie. Ces phénomènes sont plus ou moins prononcés, suivant la qualité de la chaux employée.

On doit surveiller attentivement les ouvriers chargés d'éteindre de la chaux. Pour diminuer le travail ultérieur du mélange du mortier, ils sont toujours portés à mettre beaucoup trop d'eau. La chaux se réduit alors en bouillie claire, se trouve noyée, comme disent les maçons, et perd beaucoup de sa qualité. Cette recommandation est d'une haute importance. Il arrive quelquefois aussi que certains morceaux n'ont été atteints que par une petite quantité d'eau ; ils décrépitent à sec et atteignent une très haute température ; si on vient alors à projeter de l'eau dessus, ils se divisent fort mal et ne donnent plus alors que de la chaux grenue. On peut éviter cet inconvénient en les mouillant peu à peu avec précaution ; mais il vaut mieux donner dès le commencement toute l'eau nécessaire.

Les chaux grasses éteintes en bouillie fort épaisse donnent deux ou trois volumes pour un ; une partie en poids retient 2,91 parties d'eau. Les chaux maigres et les chaux hydrauliques, dans les mêmes circonstances, ne donneront qu'un volume et demi, ou un volume et un quart pour un.

La chaux obtenue par le procédé ordinaire que nous venons de décrire est dite coulée, fondue ou amortie. La chaux en pâte, renfermée dans une fosse humide, peut se conserver fort longtemps dans cet état ; on en a vu qui après 500 ans était encore onctueuse et propre à faire d'excellent mortier. La chaux hydraulique, au contraire, durcit en très peu de temps. Les ouvriers qui veulent encore l'employer dans cet état la détrempent en ajoutant de l'eau et la brassent fortement ; on ne peut ainsi fabriquer que du détestable mortier. La chaux durcie et remaniée avec de l'eau est amortie ; elle a perdu toutes les propriétés qui la rendaient précieuse.

Quand on n'a qu'une petite quantité de chaux à éteindre, on se contente de la placer sur une aire bien unie et de verser dessus l'eau nécessaire, après l'avoir entourée d'une petite bordure élevée avec le sable même qui doit servir à former le mortier. Dans les grands chantiers de construction, l'atelier d'extinction est disposé avec plus de soin. On établit une fosse en maçonne-

rie ou en planches de 0m,50 à 0m,70 de profondeur et d'une étendue plus on moins grande, mais cependant qui ne doit pas dépasser 12 ou 15 mètres carrés. Il vaut mieux avoir plusieurs petites fosses qu'une seule trop grande, l'opération est plus facile à surveiller et à exécuter. La fosse d'extinction est placée un peu au-dessus d'une fosse plus vaste dans laquelle on fait tomber, par une petite vanne, la chaux réduite en pâte. On prend la chaux conservée dans ce dernier bassin, quand on en a besoin. La chaux hydraulique ne doit être éteinte que peu de temps avant d'être employée. Le choix de la position des bassins dont nous venons de parler n'est pas sans importance; l'eau doit y arriver facilement par un tuyau en plomb garni d'un robinet auquel il est convenable de pouvoir ajuster un tuyau flexible, terminé par une tête d'arrosoir pour verser l'eau successivement sur tous les points du bassin d'extinction. Il faut d'ailleurs que ce bassin soit, autant que possible, plus élevé que les tonneaux ou autres appareils pour la fabrication du mortier, afin que les matières, n'ayant qu'à descendre, n'exigent pas des frais considérables de bardage, soit à dos, soit en brouette.

Extinction par immersion. Le second procédé consiste à plonger la chaux vive dans l'eau pendant quelques secondes et à la retirer avant qu'elle n'ait fusé. Elle siffle, éclate avec bruit, répand des vapeurs brûlantes et tombe en poussière. On peut la conserver longtemps dans cet état, pourvu qu'elle soit à l'abri de l'humidité. Elle ne s'échauffe plus quand on la détrempe.

100 parties en poids de chaux grasse éteinte par ce procédé retiennent environ 18 parties d'eau, et 100 volumes fournissent 150 à 170 volumes de poussière éteinte et non tassée.

Les chaux hydrauliques éteintes par le même procédé retiennent 20 à 35 pour 100 d'eau, et leur volume augmente dans le rapport de 1 à 1,8 et même 2,18.

L'extinction de la chaux grasse par ce procédé exige certains soins. Il faut réduire la chaux en très petits fragments et la renfermer, avant qu'elle ne fuse, dans des futailles. Sans ces précautions, la chaux ne retient pas assez d'eau et se divise en petits fragments qui ne se réduisent plus en pâte, comme nous l'avons dit dans le premier procédé.

L'extinction par immersion s'exécute en grand avec assez de facilité. Ce procédé donne même le moyen de séparer les incuits d'une manière complète et rapide. La chaux à éteindre est placée par petites portions dans des paniers ou dans des seaux à fonds mobiles suspendus par une corde à la volée d'une grue. On les plonge un moment dans l'eau, puis on les enlève, et en faisant faire un demi-tour à la grue on amène la chaux au-dessus d'une chambre en maçonnerie où on la jette. Elle fuse bientôt et se réduit en poussière. On la fait alors tomber au moyen d'une trémie dans un cylindre incliné en tôle percée de trous et animé d'un mouvement rapide de rotation. La chaux pulvérulente passe à travers les trous de cette espèce de blutoir, et les incuits ou les biscuits qui n'ont pu s'éteindre sortent en fragments à l'extrémité inférieure du cylindre en tôle. La chambre ou s'accumule la chaux éteinte et blutée doit communiquer au moyen d'une trémie avec le magasin situé au-dessous où l'on veut conserver cette substance. Pour l'expédition, on renferme la chaux hydraulique éteinte par ce procédé dans des sacs en toile bien fermés.

Extinction spontanée. Le troisième procédé consiste à abandonner la chaux au contact de l'air. Elle se réduit en poussière après un temps plus ou moins long en dégageant une petite quantité de chaleur. La chaux grasse absorbe ainsi les 2/5 de son poids d'eau, et le foisonnement est de 2 fois 1/2 le volume primitif. Les chaux hydrauliques ne retiennent que 1/8 de leur poids d'eau. Leur volume augmente dans le rapport de 1 à 1,75 ou 2. La chaux ainsi exposée à l'air absorbe aussi de l'acide carbonique. L'énergie de cette dernière action varie avec la nature de la chaux sur laquelle on opère, mais jamais la saturation ne devient complète. On conçoit fort bien, en effet, que le carbonate formé autour de chaque grain de chaux forme une espèce de vernis qui s'oppose à la combinaison de l'acide carbonique avec la chaux vive qui existe encore au centre du globule. De sorte que la chaux, exposée à l'air, n'est qu'une poussière dont chaque grain est composé intérieurement de chaux vive et extérieurement de carbonate de chaux régénéré.

La chaux, réduite en pâte d'égale consistance par les différents procédés que nous venons de décrire, ne renferme pas la même quantité d'eau dans un même volume. De nouvelles expériences seraient nécessaires pour faire connaître d'une manière complète l'influence du procédé d'extinction sur la qualité des mortiers. Le premier procédé est incontestablement le meilleur pour les chaux hydrauliques. M. Vicat pense que le troisième serait le plus convenable pour les chaux grasses. Le général Treussart, au contraire, regarde l'extinction spontanée comme très mauvaise dans tous les cas. Nous sommes portés à partager cette opinion, parce que la chaux ainsi éteinte, étant toujours partiellement carbonatée, doit présenter les fâcheux effets des chaux imparfaitement cuites.

§ 2. DOSAGE DES MORTIERS. Les proportions dans lesquelles il convient de mélanger la chaux et les différentes substances dont nous avons parlé dépendent à la fois de la nature de ces substances et de l'emploi que l'on doit faire des mortiers. On peut dire, d'une manière générale, qu'il faut rapprocher les chaux grasses des pouzzolanes les plus énergiques, et, au contraire, les chaux éminemment hydrauliques des sables quarzeux et des matières inertes, de manière que la puissance pouzzolanique de la substance ajoutée augmente quand la propriété hydraulique de la chaux diminue. Quant aux proportions à adopter, il vaut mieux pécher par absence que par excès de chaux quand elle est grasse, et, au contraire, par absence que par excès de matières étrangères quand la chaux est hydraulique. Développons ces préceptes généraux.

Lorsque les mortiers doivent être constamment sous l'eau ou exposés à l'humidité, ils doivent, pour acquérir une grande dureté, être composés de l'une des manières suivantes :

1° Chaux grasses et pouzzolanes naturelles ou artificielles très énergiques.

2° Chaux moyennement hydrauliques et pouzzolanes énergiques, ou bien arènes de bonne qualité, ou enfin pouzzolane très énergique mêlée de moitié de sable.

3° Chaux hydrauliques et pouzzolanes peu énergiques, ou arènes, ou psamnites médiocres, ou enfin pouzzolane très énergique mêlée de sable.

4° Chaux éminemment hydraulique et sable ou matières inertes.

Les mortiers exposés à l'air ne peuvent devenir très durs qu'autant qu'ils sont composés de chaux éminemment hydraulique et du sable, ou bien de chaux hydrauliques et de sable, ou autres substances inertes. Les chaux grasses ne peuvent jamais donner d'excellents résultats.

Les mortiers destinés à l'immersion renferment, en général, un volume de pouzzolane et 0,3 à 0,50 de pâte ferme de chaux grasse, ou bien 0,40 à 0,60 de pâte de chaux moyennement hydraulique, ou bien enfin un volume de sable, et 0,50 à 60 de chaux éminemment hydraulique.

La résistance des mortiers qui doivent rester exposés à l'air va en croissant quand la proportion de sable augmente depuis 50 jusqu'à 240 parties de sable pour

100 parties de chaux grasse éteinte par le procédé ordinaire. Quand la chaux grasse a été éteinte par immersion ou spontanément, la résistance du mortier augmente quand la proportion de sable varie de 50 à 220 parties de sable pour 100 de chaux, et décroît ensuite quand la dose de sable dépasse ce dernier chiffre.

La résistance des mortiers qui contiennent de la chaux moyennement hydraulique, éteinte par le procédé ordinaire, va en croissant quand la proportion de sable passe de 0 à 180 parties pour 100 de chaux.

Les proportions que nous venons d'indiquer n'ont rien d'absolu. Elles varient, nous le répétons, avec les qualités des matériaux. D'ailleurs la résistance *absolue* d'un mortier ne doit pas préoccuper exclusivement l'ingénieur; la rapidité de la prise, les difficultés de fabrication et surtout le prix de revient sont presque toujours pour lui d'une plus haute importance. Quand on est chargé d'un grand travail, il ne s'agit pas d'obtenir les mortiers les *plus résistants* possible, mais des mortiers *suffisamment résistants au plus bas prix possible.*

Les différentes substances qui composent les mortiers sont en grains, en poussière ou en pâte; quand on les mélange, elles forment une masse plus ou moins compacte dont le volume est moindre que la somme des volumes mélangés; il y a une contraction qui varie des 5/7 aux 4/5 du volume total des composants.

§ 3. Fabrication du mortier. Nous avons fait connaître les différentes matières qui entrent dans la composition des mortiers. Nous avons ensuite indiqué les proportions dans lesquelles il convient de les mélanger pour obtenir les résultats les plus avantageux; il ne nous reste plus qu'à décrire les procédés employés pour effectuer le mélange et la trituration de ces substances d'une manière à la fois complète et économique. Cette opération peut se faire à bras ou au moyen de machines.

Quand on ne doit fabriquer qu'une petite quantité de mortier, les frais d'établissement de machines ne seraient pas couverts, et alors on opère le mélange de la chaux avec le sable ou les pouzzolanes au moyen de rabots manœuvrés par des hommes. L'ouvrier pousse son rabot en avant en appuyant sur la partie plate de l'instrument et le ramène à lui en appuyant sur le tranchant. Ce double mouvement écrase et mélange la matière en la ramenant sans cesse vers l'ouvrier.

Le prix de revient de la fabrication, par ce procédé, de $1^{m.c.}$ de mortier, non compris l'apport et le dosage, peut s'établir de la manière suivante : un chef d'atelier payé, je suppose, 3 fr. par jour, surveille facilement deux ateliers de 5 gâcheurs chacun et les hommes qui apportent et qui mesurent la matière. Le rabot coûte environ 5 fr. et peut servir à confectionner dans l'année environ $250^{m.c.}$ de mortier; il exige environ 5 fr., dans le même temps, pour réparations, entretien et amortissement de sa valeur; de sorte que, si le prix de la journée de manœuvre est de 1 fr. 50 c., comme nous l'avons déjà supposé, le sous-détail de la fabrication de $1^{m.c.}$ de mortier sera :

1 journée de manœuvre à 1 fr. 50 c..	1 fr. 50 c.
$\frac{1}{10}$ — de surveillant à 3 fr. . . .	» 30
Frais d'outils.	» 02
Prix de la fabrication du mètre cube.	1 fr. 82 c.

Dans les grands travaux, on emploie presque toujours des moyens d'exécution plus puissants. On fabrique le mortier à l'aide de machines de formes très variées. Nous allons décrire successivement ces appareils.

Dans quelques circonstances exceptionnelles, près des bagnes par exemple, les ingénieurs disposent d'un très grand nombre d'ouvriers. On peut les employer à fabriquer le mortier au moyen d'un appareil qui semble avoir donné de bons résultats à quelques officiers du génie militaire. C'est un tonneau mobile autour d'un axe horizontal. Des planches fixées à la circonférence de ce tonneau et dirigées suivant des plans passant par l'axe, forment des espèces de marches sur lesquelles les hommes montent continuellement en faisant tourner le tonneau par leur propre poids. Les substances sont introduites par une des extrémités du tonneau, au moyen d'une trémie, et le mortier sort à l'autre extrémité. Le tonneau est garni intérieurement d'une série de chevilles sur lesquelles le mortier tombe continuellement et se trouve ainsi parfaitement mélangé. Six hommes et un surveillant peuvent faire marcher la machine et produisent environ $15^{m.c.}$ de mortier par jour. La machine coûte environ 800 fr. Elle peut exiger 200 fr. de réparations annuelles et durer 10 ans, les débris seraient revendus 200 fr., l'intérêt de son capital est de 40 fr.; les frais d'outils annuels seraient donc de 300 fr. Pour 200 jours de travail par an, c'est-à-dire pour fabriquer $3,000^{m.c.}$ de mortier, soit » fr. 30 c. par mètre cube. Le sous-détail de la fabrication, non compris le transport des matières, serait donc :

$\frac{6}{15}$ journée de manœuvre à 1 fr. 50 c. l'une.	0 fr. 60 c.
$\frac{1}{15}$ journée de surveillant à 3 fr. . . .	» 20
Frais d'outils.	» 30
Fabrication de $1^{m.c.}$ de mortier. .	1 fr. 10 c.

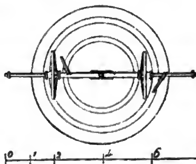
Ce prix de revient est moins élevé que le précédent, et il deviendrait encore plus faible si on suppose que les manœuvres sont des prisonniers dont la journée est presque sans valeur. Cependant nous ne donnons pas le dessin de cette machine, dont la construction n'est pas aussi rationnelle qu'on pourrait le désirer, et nous croyons que si on était obligé d'employer des hommes à ce genre de travail, il vaudrait encore mieux les appliquer à l'une des machines suivantes.

Nous avons vu employer, pour fabriquer du mortier, une machine analogue à celle des fabricants de chocolat. Deux cônes tronqués, en bois, remplis de pierres, écrasaient le mortier placé sur la plate-forme circulaire sur laquelle ils roulaient, des couteaux et des râteaux le remuaient ensuite pour ramener successivement toutes les parties de la masse sous l'action des cônes roulants. Cette machine donnait de mauvais résultats et exigeait beaucoup de force sans faire d'excellent mortier. Nous en avons seulement parlé pour mettre en garde contre elle les constructeurs qui pourraient être séduits par cette disposition qui paraît ingénieuse.

Tout le monde connaît la disposition des manéges à roues (fig. 1886 et 1887) employés pour faire le mortier

1886.





1887.

dans presque tous les grands chantiers. Des roues ordinairement au nombre de deux, parcourent une auge circulaire, peu profonde, et écrasent et mélangent les

matières. Des râteaux en fer, solidaires avec les roues, remuent sans cesse le mortier et amènent successivement toutes ses parties sous l'action des roues. Quand le mélange est parfait, on ouvre une trappe placée au fond de l'auge et le mortier, poussé par un râble en fer convenablement disposé, tombe en tas au-dessous du manége et peut être facilement recueilli et transporté. Ces manéges sont généralement mis en mouvement par un ou deux chevaux. Ces appareils, d'une grande simplicité, donnent, en général, d'excellents produits ; je crois même qu'ils sont supérieurs à tous les autres moyens employés pour les mortiers très compactes, ceux, par exemple, qui ne renferment que de la chaux et de la pouzzolane.

Un manége à mortier conduit par 2 chevaux peut produire 20$^{m.c.}$ de mortier par jour, soit 4000$^{m.c.}$ par année de 200 jours de travail. Un surveillant peut diriger le dosage et la marche de deux appareils. Chaque manége exige en outre les soins d'un manœuvre. Cette machine coûte en moyenne 500 fr., savoir :

Maçonnerie. . . .	150 fr.	} 500 fr.
Charronnage et fers. . .	250 fr.	

Son entretien annuel est de 50 fr. à peu près, l'intérêt de son capital est de 25 fr., et en supposant qu'elle dure dix ans on peut évaluer à 40 fr. sa dépréciation annuelle, de sorte que les frais d'outils pour la fabrication de 4000$^{m.c.}$ s'élèvent à 115 fr. Le sous-détail de fabrication est donc le suivant :

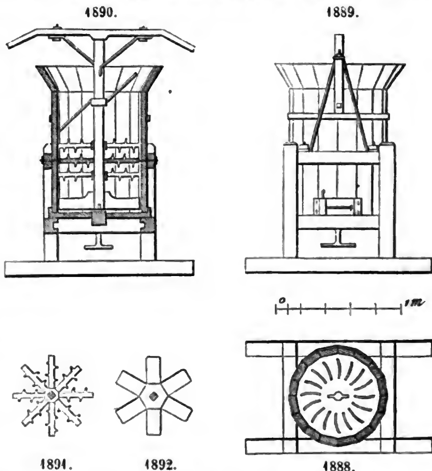
$\frac{2}{20}$ de journée de cheval à 5 fr. l'une. . . .	0,500
$\frac{1}{20}$ — manœuvre à 1 fr. 50 l'une.	0,075
$\frac{1}{40}$ — surveillant à 3 fr. l'une.	0,075
Frais d'outils $\frac{115}{4000}$	0.029
Prix de fabrication du mètre cube.	0f,679

Occupons-nous enfin des tonneaux à mortier. Ces machines sont aujourd'hui très employées. Elles présentent en effet beaucoup d'avantages. Elles occupent peu de place, leur surveillance est facile, leurs produits sont de bonne qualité et tres abondants; le prix de fabrication d'un mètre cube de mortier est très faible. Nous pensons que c'est le meilleur appareil a employer pour les mortiers de sable et chaux ; elles laissent dans ce cas très peu à désirer.

La forme et les dimensions des tonneaux à mortier varient beaucoup. Les uns sont cylindriques, les autres sont des troncs de cônes dont la grande base est tantôt en dessus, tantôt en dessous ; certains tonneaux peuvent être manœuvrés par un ou deux hommes ; une machine à vapeur de 12 chevaux suffit à peine pour faire mouvoir l'un de ces appareils employé aux travaux hydrauliques de Cherbourg. Chaque constructeur, pour ainsi dire, adopte une forme particulière, et il doit en être ainsi, car les proportions doivent changer avec les circonstances dans lesquelles on opère. Avouons cependant que jusqu'à présent aucune règle fixe n'a guidé les ingénieurs. Des expériences *directes* sur ce sujet seraient d'une haute importance, malheureusement il n'en existe pas ; nous essaierons à la fin de cet article de donner quelques principes à cet égard : ayant étudié la marche d'un grand nombre de ces appareils, nous espérons présenter quelques observations utiles.

Pour éviter l'emploi d'un trop grand nombre de figures, nous ne donnerons que le dessin du tonneau breveté de M. l'architecte Roger, non pas, à beaucoup près, que ce soit le meilleur à notre avis, mais parce que nous pourrons faire comprendre tous les autres en nous aidant de la description complète de celui-ci.

Le tonneau à mortier de M. Roger se compose, comme l'indiquent les figures 1888, 1889 et 1890, d'une forte enveloppe en douves de chêne, cerclées en fer. Un arbre vertical, également en fer, porte à sa partie supérieure, une pièce horizontale à laquelle les chevaux sont attelés, et sur sa largeur une série de râteaux également en fer. L'un d'eux est représenté (fig. 1891). Le fond du tonneau (fig. 1888) est percé d'ouvertures à travers lesquelles s'écoule le mortier, qui peut aussi sortir par la porte pratiquée au bas du tonneau (figure 1890). L'arbre porte, à sa partie inférieure, une pièce de fonte (fig. 1892) qui broie les matières sur le fond du tonneau. Une vis sur laquelle tourne l'arbre en fer permet de l'élever ou de l'abaisser plus ou moins ; le disque en fonte se trouve ainsi plus ou moins éloigné du fond et exerce par ce moyen une action dont l'énergie peut varier à volonté. La partie supérieure du tonneau porte un évasement pour faciliter l'introduction des matières. Les ouvertures pratiquées dans la pièce de fonte qui forme le fond du tonneau de M. Roger sont sujettes à s'engorger. Un fabricant de briques du Bas-Meudon (près Paris), dont le nom m'échappe en ce moment, forme le fond de ses tonneaux broyeurs avec une grille composée de barreaux ordinaires de fourneaux de chaudières à vapeur. C'est une très heureuse idée. On peut à volonté faire varier l'écartement des barreaux, dégager les vides engorgés, etc. Les tonneaux, ainsi disposés, peuvent se prêter, en modifiant convenablement l'écartement des barreaux, à une foule d'applications,



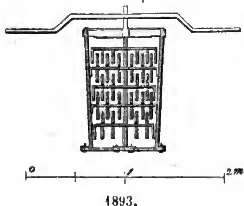
1890. 1889. 1891. 1892. 1888.

depuis le corroyage des terres à poteries fines jusqu'à la préparation des bétons les plus grossiers. M. Mongel, ingénieur français, chargé par le vice-roi d'Égypte de la colossale entreprise du barrage du Nil, fait construire en ce moment à Paris huit machines à vapeur destinées à faire marcher seize broyeurs à argiles et les machines à briques correspondantes, et de plus tous les broyeurs de cette espèce qui prépareront le mortier nécessaire à ce prodigieux travail, plus digne assurément de notre admiration que les célèbres pyramides (1).

L'inventeur de la disposition que nous venons de décrire possède, comme M. Roger, un brevet d'invention ; on ne peut donc, d'ici à quelques années, l'employer sans payer à ces messieurs des droits qu'ils fixent fort haut. C'est assurément une chose fâcheuse pour les entrepreneurs de travaux, mais nous verrons bientôt que l'on peut arriver par d'autres méthodes à des résultats presque aussi satisfaisants.

Dans les tonneaux que l'on construit ordinairement le fond est plein et le mortier ne peut sortir que par une porte placée au bas du tonneau. Cette disposition présente un grave inconvénient le sable et la chaux : s'accumulent dans la partie du tonneau opposée à la porte, et ne trouvant pas d'issue, ils sont fortement comprimés et deviennent quelquefois si compactes que le mouvement de l'arbre et des râteaux qu'il supporte est tout à fait impossible. On doit mettre au moins deux ouvertures garnies de portes à coulisses à la partie inférieure des tonneaux ; ainsi modifiés ils marchent très bien, et la facilité que l'on a d'augmenter ou de diminuer les orifices permet de rendre l'écoulement du mortier plus ou moins rapide, et par suite son mélange plus ou moins parfait.

L'arbre des tonneaux à mortier ordinaires porte des râteaux comme ceux du tonneau de M. Roger. Quelquefois on ajoute d'autres râteaux semblables fixés aux parois intérieures du tonneau, le mortier se trouve ainsi entraîné par les râteaux mobiles et retenu par les



1893.

râteaux fixes qui le déchirent en tous sens. La figure 1893 donne le dessin d'un tonneau à bras de ce genre employé au pont de Lorient.

Examinons maintenant la forme générale des tonneaux à mortier. Quelques constructeurs donnent à leurs appareils la forme d'un tronc de cône dont la grande base est en bas. Cette disposition est rarement bonne. On sait, en effet, que le sable et la chaux occupent un volume d'autant plus faible que leur mélange est plus parfait, si, en même temps, la capacité qui les renferme va en augmentant, on comprend qu'il se formera des vides dans la masse, et les matières à mélanger formant voûte à la partie supérieure du tonneau cesseront de descendre : ce que j'ai souvent observé. Quelquefois, au contraire, la petite base du tronc de cône qui ferme le tonneau est à la partie inférieure. Dans ce cas, les matières descendent bien, mais un autre inconvénient se présente. L'effort nécessaire à la trituration augmente avec la compression du mortier, de sorte que les râteaux, placés au bas de l'arbre, peuvent avoir à exercer, en pure perte, un effort considérable. Le but que doit se proposer le constructeur est d'éviter à la fois les deux inconvénients que nous venons de signaler. La forme cylindrique satisfait dans les *cas ordinaires* à ces conditions. Mais jusqu'à présent on n'a pas cherché à déterminer par des considérations rigoureuses les formes à donner aux tonneaux à mortier. Voici, je crois, comment on pourrait parvenir à trouver une forme telle que les efforts exercés par tous les râteaux soient égaux. La base inférieure devrait être à la base supérieure dans le rapport du volume du mortier à la somme des volumes des matières mélangées, multiplié par le rapport de la résistance opposée à la trituration, par les matières simplement mêlées, à la résistance opposée à la même opération par le mélange intime constituant le mortier. Le premier rapport est très facile à évaluer. Le second présenterait un peu plus de difficulté à déterminer, mais pourrait cependant être obtenu avec une assez grande approximation par les méthodes habituellement employées pour déterminer la résistance des matières molles.

D'après la marche que nous venons d'indiquer on conçoit que l'on sera conduit, suivant la nature des matériaux, à l'adoption de tonneaux, quelquefois évasés et quelquefois rétrécis à la partie supérieure. Mais, nous le répétons, la forme cylindrique est, en général, la plus avantageuse, et nous conseillons de l'adopter toutes les fois que des considérations positives ne porteront pas à lui en faire préférer une autre.

Il nous reste à examiner un élément important de la forme des tonneaux : c'est le rapport de leur diamètre à leur hauteur. Dans ce cas encore, les constructeurs ne paraissent conduits par aucune règle générale. On rencontre sur les chantiers, des tonneaux broyeurs dont la hauteur varie depuis une fois jusqu'à deux fois le diamètre. Toutes choses égales d'ailleurs, le rapport de la hauteur à la base, doit être d'autant plus petit, que les appareils sont plus puissants. Pour des appareils de même puissance la hauteur doit être d'autant plus grande que les substances employées sont plus difficiles à mélanger. Nous pensons du reste, en général, qu'il vaut mieux pécher par excès que par défaut de hauteur. En ouvrant davantage les portes de décharge du mortier on peut toujours remédier au premier défaut. Les inconvénients résultant du second ne peuvent être prévenus qu'en diminuant l'ouverture des portes et par suite en augmentant le travail moteur. Dans les machines à mortier qui donnent les meilleurs résultats, la hauteur est égale à peu près à trois fois le rayon du cylindre.

Voyons maintenant quels sont les résultats économiques de ces dernières machines. Un tonneau un peu plus grand que celui dont nous avons donné le dessin, conduit par un cheval, fournit facilement 25$^{m.c.}$ de mortier par jour, soit 5000$^{m.c.}$ par année de 200 jours de travail. Nous ne parlerons pas du prix des tonneaux *brevetés*, qui est énorme ; nous établirons nos calculs d'après un exemple que nous avons eu l'occasion d'étudier. Le tonneau coûtait 500 fr. L'intérêt annuel de cette somme est 25 fr. En admettant que le tonneau dure dix ans, sa dépréciation annuelle sera de 30 fr., ses débris conservant une valeur de 200 fr. Son entretien n'excède pas 125 fr. par an ; les frais annuels d'outils seront, par conséquent, de 180 fr. Cela posé, le sous-détail de la fabrication d'un mètre cube de mor-

(1) D'après une opinion récemment émise, mais qui paraît difficile à justifier, les pyramides ne seraient pas moins admirables que le barrage du Nil ; elles auraient comme lui un caractère de haute utilité, car elles seraient destinées à s'opposer à la marche progressive des sables du désert.

 MORTIER.

tier, non compris l'approche des matières, s'établit de la manière suivante :

$\frac{1}{25}$ journée de cheval à 5 fr.	0,200
$\frac{1}{50}$ — surveillant à 3 fr.	0,060
$\frac{1}{25}$ — manœuvre à 1 fr. 5 c.	0,060
Frais d'outils $\frac{180}{5000}$	0,036
Prix de la fabrication de 1 mètre cube. . .	0f,356

Nons devons même faire remarquer que l'on pourrait obtenir jusqu'à 30m.c. par jonr, avec un tonneau de M. Roger, ou tont autre dont le fond serait percé ; ce qni diminuerait encore d'un cinquième le prix ci-dessus. Les prix de revient que nous venons d'indiquer varieraient évidemment dans chaque localité avec le prix de la main-d'œuvre et celui des matériaux ; mais obtenus tous dans les mêmes hypothèses, ils peuvent servir de termes de comparaison. Il résulte dn rapprochement de tous les chiffres que nous venons de citer, que la fabrication à bras d'hommes d'un mètre cube de mortier coûtant 1 fr. 82 c., elle ne coûterait que 0 fr.,679 avec un manége à roues, et seulement 0fr.,356 avec un tonneau à mortier ordinaire, et moins encore avec un tonneau à fond percé.

Les renseignements que nous venons de donner permettent de déterminer facilement le nombre de mètres cubes de mortier, au-delà duquel il y a économie à faire les frais d'établissement d'une machine pour la fabrication.

Répétons encore, en terminant ce paragraphe, que l'on ne saurait apporter trop de soin à empêcher les ouvriers de mettre trop d'eau dans le mortier, ce qu'ils sont toujours portés à faire, surtout quand on fabrique le mortier avec des rabots.

§ 4. EMPLOI ET SOLIDIFICATION DES MORTIERS. Nous avons déjà dit qu'il était presque impossible d'obtenir de bons résultats avec les mortiers de chaux grasses et de sables. Comme ils sont cependant fréquemment employés, nous allons examiner comment s'opère leur solidification, et nous en conclnerons les précautions que nécessite leur emploi. Quand on expose de l'eau de chaux au contact de l'air, l'acide carbonique se combine rapidement à la chaux, et le carbonate se précipite en pellicules qui adhèrent fortement aux corps solides environnants. Si la chaux, au lieu d'être dissoute dans l'eau, est, au contraire, exposée à une dessiccation rapide, elle absorbe encore l'acide carbonique, mais les grains de carbonate formé restent séparés sans contracter entre eux la moindre adhérence. Considérons maintenant un mortier composé de sable, de chaux et d'eau, et il nous sera facile de concevoir les phénomènes qu'il présentera suivant les circonstances où il se trouvera. S'il est mouillé par de l'eau, constamment renouvelée, la chaux se dissoudra entièrement, et bientôt il ne restera plus que le sable. Si, au contraire, il est rapidement desséché, la chaux absorbera l'acide carbonique sans contracter d'adhérence, et on n'obtiendra qu'un mélange de sable et de poussière calcaire. Enfin, si le mortier est entretenu dans un état convenable d'humidité, la chaux dissoute dans l'eau qu'il renferme absorbera l'acide carboniqne et se disposera en pellicules adhérentes comme un vernis sur les grains de sable. L'eau, en présence d'un excès de chaux, dissoudra une nouvelle quantité de cette substance et de nouvelles pellicules de carbonate viendront envelopper les premières. Cette action se continuera ainsi jusqu'à la solidification entière de la masse. La nécessité de la présence de l'air pour la solidification des mortiers de chaux grasse, est démontrée par une expérience journalière. Toutes les fois que l'on démolit des masses considérables de maçonnerie, quelle que soit leur ancienneté, on tronve tonjours au centre la chaux grasse aussi molle qu'au moment de l'emploi. Le général Treussart, en démolissant à Strasbourg, en 1822, nn bastion construit en 1666, trouva le mortier aussi frais que si les maçons l'avaient posé depuis quelques jours seulement. John cite un fait analogue observé pendant la démolition d'un pilier de 9m de diamètre de la tour Saint-Pierre à Berlin. Il est inutile de multiplier les exemples par de pareils faits, que chacun peut du reste avoir observés.

La chaux engagée dans les mortiers ne reprend jamais tout l'acide carbonique qni constituerait le carbonate pur. On conçoit, en effet, que le carbonate formé enveloppe en plusieurs points de la chaux vive et la préserve d'une combinaison ultérieure.

Si nous avons bien fait comprendre le mode de solidification des mortiers, on appréciera à leur juste valeur les différents dictons des ouvriers sur le temps le plus favorable aux constructions. Il est également juste de désirer un temps sec ou un temps humide : tout se réduit à une question de quantité. S'il fait sec, les mortiers se dessèchent trop vite, il faut les humecter ; s'il pleut, l'eau peut les dissoudre, il faut alors couvrir les maçonneries et s'opposer à leur lavage. Ces notions sont si simples, qn'il paraîtra inutile de les énoncer à toutes les personnes qui ne savent pas combien il est difficile de faire pénétrer des idées justes et simples parmi les ouvriers, malheureusement si peu éclairés aujourd'hui.

Nous ne parlerons de l'emploi des mortiers hydrauliques qu'en nous occupant de l'immersion des bétons. Les soins apportés dans l'application de ces composés exercent sur leur qualité la plus grande influence.

Nous avons dit en commençant que nous laisserions de côté, dans cet article tout pratique, les discussions théoriques. On nous pardonnera donc de ne pas exposer ici les nombreuses expériences qui ont été faites pour chercher à expliquer les faits singuliers que présente la résistance des différents mortiers et les circonstances de leur solidification. Les opinions des savants les plus distingués sont loin de concorder sur ces questions ; nos doutes n'auront rien d'étonnant.

On détermine la résistance des mortiers, soit en brisant des prismes des mortiers à essayer de dimensions données dans des circonstances déterminées, soit en comparant les enfoncements d'une même aiguille chargée du même poids dans les différents échantillons.

La force normale nécessaire pour séparer deux pierres réunies par du mortier varie de 1k,25 à 2k,64 par centimètre carré. En pratique, on ne doit pas dépasser une charge normale de 1 kilogr. par centimètre carré, ou de 0k,37 pour la résistance au glissement.

§ 5. FABRICATION DU BÉTON. On donne le nom de béton à un mélange de mortier et de petites pierres. C'est une maçonnerie à petits matériaux que l'on fabrique sur les chantiers, et qui se solidifie plus tard en prenant les formes exactes de l'enceinte où on l'a renfermée. L'emploi du béton a rendu à l'art des constructions les services les plus importants ; il a rendu facile et économique la fondation de tous les ouvrages hydrauliques, et a permis d'exécuter des travaux réputés impossibles autrefois.

Les proportions de pierres cassées et de mortier varient avec les circonstances et les résultats que l'on veut obtenir. Quand on a de bonne chaux hydraulique à bas prix, on peut augmenter la dose du mortier. Ainsi, nous avons vu employer pour la fondation d'une écluse, du béton dont le mètre cube renfermait :

Pierres cassées. . . 0m.c.,45 }
Mortier hydraulique. 0m.c.,90 } 1 mètre.

D'après les devis du canal du Centre, le mètre cube de béton doit contenir :

Pierres cassées. . . 0m.c.,63 }
Mortier hydraulique. 0m.c.,64 } 1 mètre.

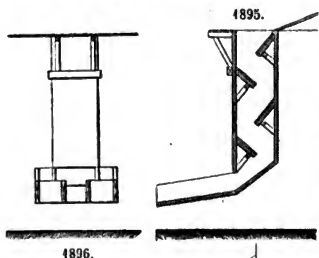
Quelquefois, par économie, on diminue encore plus la dose du mortier; mais nous regardons comme une limite inférieure, qu'il convient de ne pas dépasser, celle d'un volume de mortier pour 2 volumes de pierrailles.

On peut préparer le béton en mélangeant la pierraille avec le mortier déjà fabriqué au moyen de grilles en fer manœuvrées à force de bras par des ouvriers. Chaque atelier doit être composé environ de cinq manœuvres. Il faut un très bon surveillant pour diriger deux ateliers et le dosage des matières qui leur sont nécessaires, car les ouvriers se contentent toujours d'un mélange imparfait.

Le temps nécessaire au mélange est très variable; il dépend du dosage et de la nature des pierres et du mortier. On peut cependant admettre en moyenne que l'atelier de cinq hommes produit par jour 12 mèt. cub. de béton. Les frais d'outils sont à peu près les mêmes que pour la fabrication du mortier avec des rabots, soit 0f,02 par mètre cube. Le prix de revient sera alors le suivant, non compris l'approche et le dosage des matières :

5/12 de journée de manœuvre à 1f,50 l'une.	0f,625
1/24 de journée de surveillant à 3 fr. . . .	0 ,125
Frais d'outils.	0 ,020
Total. . . .	0f,770

On a essayé de préparer le béton avec des tonneaux plus ou moins analogues à ceux que nous avons décrits pour la fabrication du mortier. Toutes ces tentatives ont été complétement infructueuses. Aussi n'entreprendrons-nous pas de faire connaître les différentes


1895.

1896.

1894.

machines de cette espèce proposées à différentes époques. Nous décrirons seulement l'appareil remarquable employé par M. Krantz, ingénieur des ponts-et-chaussées. Il est impossible de trouver une solution plus élégante du problème; le mélange proprement dit se fait pour ainsi dire sans dépenses. Le couloir à béton de M. Krantz se compose simplement, comme l'indiquent les fig. 1894, 1895 et 1996, d'une caisse rectangulaire, formée de madriers jointifs, renfermant une série de plans inclinés en sens inverse. La pierre cassée et le mortier sont jetés pêle-mêle dans l'ouverture supérieure de la caisse. Ces matières en tombant sont lancées d'un plan incliné sur l'autre, et le béton arrivé parfaitement mélangé à la partie inférieure de l'appareil. Dans les ateliers bien disposés, le mortier tombe de lui-même des tonneaux dans un *glissoir* qui l'amène au couloir.

Cette machine peut fabriquer 80 à 100m.c de béton par jour ou 20,000m.c par année de 200 jours de travail. Un ouvrier suffit pour faire tomber les matières. Le prix de l'appareil est au plus de 60 fr., et, en supposant qu'il ne dure qu'une campagne, les frais d'outils ne seraient que de $\frac{60}{20000}$ = 0f,003 par mètre cube. Le surveillant chargé de diriger le dosage ne serait pas à beaucoup près constamment occupé; mais en supposant même qu'il ne fasse pas autre chose, on voit que le prix de fabrication du mètre cube du béton (non compris l'apport) s'établirait de la manière suivante :

1/100 de journée de manœuvre à 1f,50. . .	0f,015
1/100 de journée de surveillant à 9f. . . .	0 ,030
Frais d'outils.	0 ,003
Total. . . .	0f,048

si on n'avait pas à élever les matières au sommet du couloir. Or, en général, le béton étant employé dans des fouilles, on peut disposer le chantier de manière à placer les dépôts et les ateliers au niveau de la partie supérieure du couloir. Mais en supposant même qu'on fût obligé d'élever les matériaux de toute la hauteur du couloir, on le ferait au moyen d'un léger échafaudage ou d'une rampe. Cette élévation équivaudrait à un transport horizontal à deux relais de distance, soit environ 0f,20 par mètre cube. De sorte que, dans les circonstances les plus défavorables, le prix de fabrication d'un mètre cube de béton, avec les couloirs de M. Krantz, ne serait que de 0f,248, soit 0f,25 en nombres ronds, au lieu de 0f,77, prix de la fabrication à bras.

Quel que soit le mode de fabrication employé, on doit toujours employer de la pierre cassée parfaitement débarrassée de poussière et soigneusement arrosée. L'oubli de ces précautions a souvent produit de fâcheux accidents.

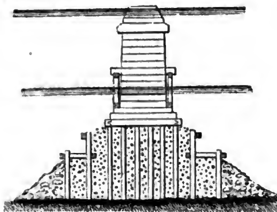
Nous venons de voir, par un exemple particulier, l'avantage que l'on peut retirer de l'inclinaison du terrain d'un chantier de construction. Ce cas n'est pas le seul où il soit possible d'économiser de la force en profitant du propre poids des matériaux. Les constructeurs qui ont été à même d'apprécier les dépenses de *bardage*, nous permettront quelques réflexions à cet égard. Il arrive trop souvent que les matériaux sont déposés pour ainsi dire au hasard sur les chantiers; de là une foule de fausses manœuvres et de dépenses inutiles : des pierres destinées aux constructions élevées sont transportées par les voituriers le plus bas possible, des bois d'échafaudages sont placés derrière les approvisionnements de pierre qui barrent le passage; ainsi de suite. Tous ces inconvénients peuvent être évités facilement en déterminant d'*avance* le plan du chantier, c'est-à-dire l'emplacement respectif des différents matériaux, appareils et ateliers, de manière que les différentes substances aient toujours autant que possible à descendre pour se rendre de leur point de dépôt au point où elles doivent être employées. On évite ainsi des frais considérables de bardage, et on peut réaliser d'importantes économies, dont l'ingénieur doit d'autant plus se féliciter qu'elles ne sont dues qu'à lui et qu'elles ne tendent qu'à diminuer la fatigue des ouvriers. Un exemple pris dans le sujet même qui nous occupe suffira pour faire comprendre ma pensée. Je suppose qu'il s'agisse de fonder un pont, une écluse ou tout autre ouvrage, et que le terrain où doivent être établis les chantiers présente une pente vers l'emplacement du travail. Dans ce cas, on placera les dépôts de chaux, de sable et de pouzzolane, au point le plus élevé du chantier. Les tonneaux à mortier seront im-

médiatement au-dessous, et enfin les conloirs à béton seront placés après les machines à mortier. D'après cette disposition, on conçoit que les matières premières, n'ayant qu'à descendre, obéissent sans cesse à leur propre poids, et les oûvriers n'auront qu'à diriger leurs mouvements. L'homme doit toujonrs ch·rcher à utiliser les forces naturelles qui sont à sa disposition pour diminner le travail qui lui est réservé, et augmenter d'autant son bien-être matériel. Trop souvent les constructeurs oublient d'ntiliser la pesantenr dans leurs ateliers. Puissent les réflexions précédentes leur rappeler l'importance de cet anxiliaire.

§ 6. EMPLOI ET COULAGE DU BÉTON. Nous n'entreprendrons pas ici de décrire les différents ouvrages dans lesquels on peut employer le béton avec avantage. Il faudrait écrire un cours de construction presque complet, car depuis quelques années tous les grands travaux ont reçu une direction nouvelle par l'application de ce précieux composé. Nous citerons seulement quelques exemples remarquables de son emploi.

Les piles du pont en pierre de Ronen (Seine Inférieure) devaient être établies dans un point de la Seine où la profondeur d'eau était de 7^m,00 pendant la basse mer, et s'élevait à chaque marée jusqu à 15^m,00. Le fond était d'ailleurs tres manvais et sans résistance. Il était *impossible* dans ces circonstances de songer à des batardeaux et à des épuisements. L'emploi des caissons foncés si souvent recommandés était également impraticable ; en un mot, tous les moyens généralement employés étaient impuissants pour surmonter les difficultés que présentait la fondation de ce pont. On fut obligé de recourir à de nonveaux procédés. Voici ceux qni furent employés ; ils ont parfaitement réussi.

On commença par chasser des pieux d'une grande longuenr (fig. 1897), entre lesquels on coula du béton. On battit ensuite, au moyen de faux pieux, autour de ces premiers pilotis, une enceinte continne qui fut



1897.

également remplie de béton pour maintenir et défendre le premier massif. Enfin des enrochements complétèrent cette fondation. Les pieux recépés de niveau à 2^m,00 seulement au-dessous de l'eau purent recevoir un caisson au moyen duquel on éleva, comme de coutume, les piles du pont.

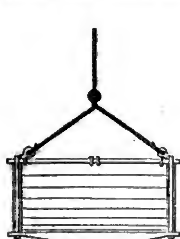
Les bâtiments de guerre doivent être souvent visités et réparés extérieurement. Ces opérations s'exécutent en les faisant entrer dans des *formes de radoub*, espèces de petits bassins que l'on ferme après l'entrée du vaisseau pour enlever, au moyen de pompes, l'eau qu'ils renferment, et mettre le bâtiment à sec. Le tirant d'eau d'un vaisseau de ligne est de 7^m,50. la distance qui doit rester libre entre le dessous de sa quille et le fond du bassin est environ de 1^m,20, l'épaisseur du radier de la forme est au moins de 3 mètres. De sorte que la fondation d'une forme de radoub doit s'exécuter, dans les ports de la Méditerranée, environ à 12 metres audessous du niveau de l'eau. La construction d'un ouvrage de cette nature présentait autrefois des difficultés presque insurmontables. L'emploi du béton a rendu leur exécution assez facile. Sans entrer dans aucun détail de construction, nous dirons seulement que l'on coule une vaste cuvette en béton, dont l'épuisement présente rarement de grandes difficultés, et dans laquelle on construit, comme on le ferait sur la terre ferme, les bajoyers et le radier de la forme de radoub. M. Bernard a le premier suivi cette marche au port de Toulon. M. Noël vient de terminer, dans le même port, une forme de la plns grande dimension. Ce beau travail, dirigé il est vrai avec une rare habileté, n'a présenté aucun accident. Nous citerons encore la forme d'Alexandrie, exécutée avec succès par M. Mougel, dans les circonstances les plus difficiles. Le premier bassin de radoub exécuté à Toulon coûta 2,050,000 fr. a une époque où l'argent avait une valeur double de celle qu'il possède actuellement. La forme de M. Bernard n'a coûté que 1,800,000 fr. Celle de M. Noël, quoique beaucoup plus grande, puisqu'elle doit recevoir les bâtiments à vapeur de 600 chevaux, coûtera moins encore. Ce simple rapprochement suffit pour montrer l'importance de la méthode qui nous occnpe. Nous ne multiplierons pas davantage ces exemples de grands travaux, nous devons ajouter que l'emploi du béton pent apporter de grandes économies dans l'établissement des plus modestes constructions. On le comprend bien aujourd'hui pour les travaux publics, et les plus petits aqueducs de nos routes sont maintenant fondés sur des couches de béton, qui forment après un certain temps de véritables pierres d'un seul morceau, sur lesquelles les ouvrages sont assis comme sur le rocher naturel. Malheureusement les particuliers ne sont pas assez familiarisés avec ce genre de construction. Les plus petites écluses du moulin, les simples deversoirs s'exécuteraient avec simplicité et économie par l'emploi de fondations en béton. Nous ne saurions trop encourager à l'employer avec confiance dans toutes les constructions hydrauliques et dans les fondations exposées à l'humidité.

Le coulage du béton sous l'eau est une opération délicate qni exerce la plus grande influence sur la réussite des travaux. Le béton composé de la manière la plus convenable ne produirait absolument aucun résultat ntile s'il était mal coulé. Nous décrirons avec soin les précautions à employer dans ce travail.

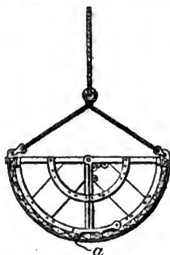
Il y a deux méthodes principales pour le coulage du béton : le coulage à la trémie et le coulage par caisses, ou bacs. Les trémies sont des espèces de grands tuyaux en bois ou en métal, terminés à leur partie supérieure par des entonnoirs, et supportés par des bateaux ou des échafaudages ; on y verse le béton qui va se répandre sur le fond. On promène la trémie snr tous les points où l'on veut établir l'aire en béton. Il arrive généralement que le béton s'accumule au bas des trémies, et qu'il sort ensuite violemment quand il éprouve une pression considérable par l'addition de nouveau béton. Il se trouve ainsi animé d'une grande vitesse au moment de sa sortie de la trémie. L'eau le délaie, les pierres tombent les premières et le mortier est en grande partie entraîné. Cette méthode est donc tout à fait défectueuse, et nous croyons qu'elle ne doit être employée qu'avec les plus grandes précautions et seulement quand on y est forcé par des circonstances locales particulières.

Le coulage au moyen de caisses réussit beaucoup mieux que celui à la trémie, c'est le procédé généralement suivi aujourd'hui. Les formes des caisses employées sont assez variables. Dans les ports de mer où l'outillage est considérable parce qu'il appartient à l'administration et qu'il peut servir fort longtemps, on em-

ploie généralement des caisses en tôle ou en bois garnies de ferrure- et qui ont la forme de demi cylindres (fig. 1898 et 1899), chaque caisse est composée de deux parties qui peuvent tourner autour de l'axe horizontal

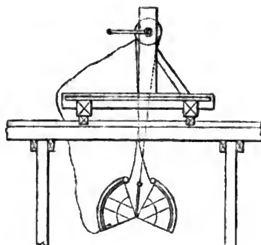


1898.



1899.

du cylindre, de manière à s'ouvrir quand on veut déposer le béton renfermé dans la caisse. Cet appareil est suspendu, au moyen d'une corde fixée à l'axe dont nous avons déja parlé, à un treuil (fig. 1900) établi sur un appontement fixé sur deux bateaux ou bien sur un échafaudage fixe.

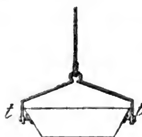


1900.

Quand la caisse est remplie de béton on la descend au fond de l'eau, au moyen d'une cordelle on ouvre le crochet *a* (fig. 1899) qui réunit les deux parties de la caisse, puis en continuant à tourner le treuil on fait agir une corde attachée aux angles du coffre et qui le force à s'ouvrir, comme l'indique la fig. 1900. Le béton se trouve ainsi déposé sans secousse et aussi peu délayé que possible. On remonte la caisse, on referme le crochet *a*, on la remplit de nouveau et on recommence l'opération que nous venons de décrire. Quand le treuil est porté par des bateaux on les fait avancer successivement pour les amener sur les différents points de la surface qui doit être recouverte de béton; quand, au contraire, il est sur un échafaudage fixe, on le garnit de roulettes qui permettent de le faire mouvoir sur des longrines disposées à cet effet. Cette dernière disposition varie avec les circonstances, chacun peut imaginer le système le plus approprié à son outillage.

Les caisses dont nous venons de parler coûtent assez cher et leur exécution exige des ouvriers exercés. Quand on est chargé de travaux qui ne doivent durer qu'une ou deux campagnes et que l'on se trouve forcé d'organiser en peu de temps un chantier considérable, il convient d'adopter les caisses que nous allons décrire, elles coûtent très peu cher, les plus mauvais ouvriers les exécutent facilement, elles ne sont sujettes à aucun accident, et les résultats qu'elles fournissent sont au moins aussi satisfaisants que ceux des caisses cylindriques. L'appareil en question est une simple boîte en bois de la forme d'un tronc de prisme rectangulaire (fig. 1901 et 1902), supportée sur deux tourillons en fer *t* placés un peu *au dessus* du centre de gravité de la caisse remplie de béton. La corde qui supporte toute la machine s'enroule, comme dans le cas précédent, sur un treuil convenablement disposé, quand la caisse est arrivée près du fond on la fait basculer, en tirant sur la cordelle *c* disposée, comme l'indique la fig. 1902, et la masse de béton se trouve déposée sur le lieu qu'elle doit occuper. Le fond de la boîte doit être percé de trous; sans cette précaution il arrive quelquefois que le béton soutenu par la sous-pression de l'eau ne se sépare pas immédiatement de la caisse. Il remonte alors à une certaine hauteur avant de tomber et se trouve délayé par l'eau. Cette observation mérite une sérieuse attention.

Quel que soit l'appareil employé pour couler le béton on doit toujours suivre la marche que nous allons indiquer : 1° quand on coule du béton dans une fouille il faut maintenir l'eau *aussi haut que possible*, pour empêcher les sources de sourder et de crever la couche de béton frais ; 2° on doit toujours couler le béton par bandes d'une épaisseur considérable, et non pas par couches minces répandues à la fois sur toute l'étendue du travail ; 3° on ne saurait enlever avec trop de soin la *laitance*, c'est-à-dire la chaux pulvérulente qui se sépare du béton. Quand il en reste une certaine quantité entre deux coulées successives on peut être assuré qu'il n'y aura jamais adhérence entre ces deux parties de la masse. On doit donc, à chaque reprise du travail, balayer la surface de la dernière couche déposée et enlever la laitance au moyen d'écopes, ou mieux de poches en toiles montées sur un cadre en fer et jamais au moyen de pompes, comme l'indiquent quelques auteurs, parce que ces appareils produisent des courants qui délaient le béton voisin de leur extrémité. Cette manœuvre doit être renouvelée pendant le travail. La laitance s'accumule toujours au pied du talus du béton, c'est là où il est facile de la saisir pour l'enlever.



1901.



1902.

Nous avons encore à signaler une autre application remarquable du béton : c'est la fabrication de pierres factices de volumes et de formes déterminées. Ainsi on fabrique pour le môle de Cherbourg, pour celui d'Alger, et pour les travaux du fort Bayard, des blocs de béton qui ont jusqu'à 8 ou 9 mètres cubes. On commence à fabriquer aussi des pierres factices pour la construc-

tion des égouts. Les unes forment le radier et les pieds-droits, les autres la voûte. Les constructions s'exécutent ainsi avec une grande rapidité et à très bas prix.

La fabrication des pierres artificielles ne présente aucune difficulté. On forme avec des planches des caisses dont les parois sont mobiles; on coule dedans le béton, et quand il est solidifié, on retire les bois qui constituaient cette espèce de moule.

Nous terminerons cet article en citant un passage du beau rapport fait à la Chambre des Députés par M. Arago sur les travaux de M. Vicat. Ces quelques lignes montreront l'importance du sujet que nous venons de traiter et nous feront pardonner la longueur des détails dans lesquels nous sommes entrés sur les mortiers et bétons hydrauliques.

« Le prix de la chaux, dit M. Arago, entre presque toujours pour une part considérable dans le prix des maçonneries. Les chaux ont des propriétés très diverses qui décident de la durée des constructions et du mode de leur exécution. Dans les contrées où la chaux est abondante et de bonne qualité, les édifices durent des siècles sans avoir cependant exigé des dépenses ruineuses. On peut y construire, même pour les habitants les plus pauvres, des demeures salubres, peu exposées aux incendies; d'une solidité à l'épreuve des ouragans, des pluies diluviales et des débordements. C'est par de telles applications que les travaux des ingénieurs, des chimistes, méritent surtout de fixer l'attention des pouvoirs publics et des législateurs. Arrêtons un moment nos regards sur cette phase de la question; cherchons à évaluer en nombre les services que, sous ce rapport, M. Vicat a rendus à son pays . . . .

« Autrefois une écluse ne pouvait être solidement fondée que sur des grillages en charpente avec épuisements. On la bâtissait en totalité avec de la pierre de taille: encore, après toutes ces précautions, était-elle sujette à de fréquentes dégradations par la détérioration des mortiers de l'intérieur des maçonneries. A raison de ce mode de construction, à raison surtout des épuisements, certaines écluses coûtèrent jusqu'à 300,000 fr. En moyenne, la dépense n'était pas au-dessous de 100,000 fr. Aujourd'hui, grâce à la suppression des épuisements, des batardeaux, etc., grâce à l'emploi de petits matériaux que permet la chaux hydraulique, ce prix varie entre 38,000 et 50,000 francs. L'économie minimum par écluse est donc de 50,000 f., et sur les 1348 écluses (construites en France depuis 1821), de 67 millions. »

M. Arago entre ici dans des détails analogues pour la construction des barrages, des ponts en pierre et des ponts suspendus, et il termine ainsi :

« Récapitulation.—Économies faites sur la construction :

Des écluses.	67,350,000 fr.
Des barrages adjacents. . . .	13.600,000
Des barrages isolés, épis, etc. .	20,000,000
Des grands ponts.	26,182,000
Des ponts moyens.	7,050,000
Des ponts d'une seule arche. . .	25,000,000
Des ponts suspendus.	22,890,000
Total. . . .	182,072,000

« Les économies qu'on n'a pu apprécier faute de documents suffisants, portent :

1° Sur les ponts en bois ou en fer soutenus sur piles en maçonnerie;

2° Sur les ponts d'une seule arche de 6 à 10 mètres d'ouverture;

3° Sur les quais, digues et bassins, etc., à la mer;

4° Sur les fondations des édifices particuliers et publics des villes;

5° Sur les travaux militaires. . . . .

« Une conclusion ressort avec évidence de tout ce qui précède : c'est qu'en supposant l'art des constructions tel qu'il était avant 1818, tel qu'il était avant les recherches de M. Vicat, la plupart des grandes entreprises en cours d'exécution seraient entièrement paralysées par des considérations de temps et de dépense.

« Qu'on juge par les économies passées des économies futures. Celles-ci devant toujours être proportionnelles aux masses croissantes des travaux d'art, l'on arrivera à des chiffres qui frapperont d'étonnement les esprits les plus froids. » H. MANGON.

MOSCOUADE. Voyez SUCRE.

MOTEURS. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

MOTTES. Voyez TANNAGE.

MOUFLE (*arts chimiques*). Voyez ESSAIS.

MOUFLE (*mécanique*). Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et POULIES.

MOULIN A BLÉ. Le grain du froment et des céréales, en général, renferme une réunion de principes immédiats, qui le rendent précieux pour la nourriture d'un grand nombre d'animaux ; riche à la fois en fécule et en matières azotées, il forme presque partout le principal et quelquefois le seul aliment de l'homme. On ignore entièrement l'origine de l'emploi du blé; les Grecs l'attribuaient à Cérès : c'est assez dire que cette découverte se perd dans la nuit des temps. La réduction du blé en farine s'est faite d'abord, probablement, au moyen de pilons et de mortiers, ou bien en l'écrasant entre deux pierres ; le perfectionnement de ce dernier procédé a dû conduire à l'invention des moulins à bras, qui remontent à la plus haute antiquité. Il en est en effet souvent question dans la Bible : Samson tourna la meule chez les Philistins, etc. Homère en parle également dans l'Odyssée. Les Romains ne commencèrent à se servir de moulins qu'après leurs conquêtes en Asie. Ils employèrent à ce travail les esclaves et les condamnés; plus tard, ils y appliquèrent aussi quelques animaux. L'époque et le lieu de l'invention des moulins mus par l'eau ne sont pas bien déterminés : Vitruve donne la description de l'un de ces appareils ; mais Pline, qui écrivait soixante ans plus tard, n'en parle que comme d'une machine dont l'emploi n'est pas commun. Les moulins à eau ne furent établis à Rome, d'une manière régulière, sur les ruisseaux, que sous le règne d'Arcadius et d'Honorius. Bélisaire, qui commandait à Rome, pour Justinien, quand la ville fut assiégée par Vitigès, roi des Goths, fit construire sur le Tibre les premiers moulins *à nef* connus. De l'Italie, les moulins ont passé en France, et ont éprouvé dans tous les pays une série de modifications qui les ont amenés à l'état de perfection que nous leur voyons aujourd'hui. L'emploi des moulins à bras est tout à fait abandonné, excepté pour la mouture du sarrazin dans les fermes de quelques-uns de nos départements.

Les machines à vapeur, les roues hydrauliques et la force du vent sont les moteurs généralement employés à la mouture des grains. Nous n'avons à nous occuper ici que du mécanisme des moulins indépendamment de la nature de la force motrice.

Les grains de blé sont formés d'une enveloppe corticale qui renferme les principes utiles. L'art du meunier consiste à réduire en farines de différentes qualités la matière qui occupe le centre du grain, et à séparer l'enveloppe qui constitue le *son*. On peut arriver à ces résultats par trois méthodes de *mouture*, dont nous devons d'abord indiquer les principes.

1° *Mouture économique*. Ce procédé, regardé longtemps comme le meilleur, était généralement suivi en France ; il est encore employé dans quelques unes de nos provinces et dans toutes nos petites usines des campagnes. L'importance toujours croissante des établissements montés d'après les nouvelles méthodes tend à diminuer le nombre de ses applications. Les meules employées, en général, pour le genre de mouture qui nous occupe, ont deux mètres de diamètre et font 55

à 60 tours par minute. Le blé, introduit au moyen d'une trémie, constamment agitée, dans l'ouverture de la meule supérieure, s'engage entre les deux meules, qui doivent être assez espacées, dans cette première partie de l'opération, pour ne faire que concasser et broyer grossièrement le grain. La mouture en sortant des meules est conduite dans le bluteau. Cet appareil sépare la première farine, dite farine de blé, qui traverse le tissu, les gruaux plus gros et lourds qui passent plus loin, et élimine enfin le son léger et volumineux. Ces premiers gruaux, soumis de nouveau à l'action des meules, alors plus rapprochées, fournissent une farine de premier gruau et des seconds gruaux qui fournissent à leur tour une farine de deuxième gruau et des troisièmes gruaux Ceux-ci donnent enfin des farines bises de troisième gruau et un quatrième gruau qui fournit un produit de qualité encore plus inférieure, et des issues, appelées remoulages ou recoupes, qui contiennent les parties dures et grisâtres avoisinant l'enveloppe des grains.

La mouture, dite économique, ou française, ainsi partagée en cinq opérations, fournit en moyenne les résultats suivants pour 100 kilogr. de blé :

Farines blanches.	1re opération : farine dite de blé.	38k,33	66k,00
	2me opération : farine dite de 1er gruau	19k,16	
	3me opération : farine dite de 2me gruau.	8k,51	
Farines bises.	4me opération : farine dite de 3me gruau.	5k,00	8k,33
	5me opération : farine dite de 4me gruau.	3k,33	
Issues.	Son gros et petit.	10k,82	23k,32
	Recoupes.	6k,80	
	Recoupettes.	5k,70	
	Déchet, évaporation, perte.		2k,35
	Total.		100k,00

Dans les années où le grain manquait, on a quelquefois remoulu jusqu'à sept fois ; les remoulages étaient eux-mêmes pulvérisés et entraient dans le pain.

Les blés durs, demi-durs ou tendres se traitent également bien par cette méthode.

Dans la plupart des villes du Midi, la méthode économique se trouve singulièrement simplifiée, parce que les gruaux trouvent une application directe dans le pays, ce qui évite de les remoudre pour les transformer en farine. La mouture brute en sortant des meules est abandonnée à elle-même pendant cinq ou six semaines. On la remue tous les huit ou dix jours pour l'empêcher de fermenter. L'habitude apprend à reconnaître le moment le plus favorable pour le blutage. On fait alors passer la farine par des blutoirs de trois grosseurs différentes. La farine qui passe par la partie la plus fine s'appelle *minot ;* la seconde se nomme farine simple, elle est généralement employée par les boulangers. La troisième enfin est le *grésillon*.

2° ***Mouture américaine,*** dite ***anglaise.*** Cette méthode est très simple : elle consiste à écraser tout le blé d'un seul coup et à séparer ensuite, au moyen de bluteries convenables, les sons et les différentes qualités de farine. Les meules employées pour ce genre de fabrication n'ont que 1m,30 de diamètre, mais elles font 120 tours par minute et doivent être fort rapprochées pour produire le moins possible de gruaux. La mouture, en sortant des meules, est conduite ordinairement dans un réfrigérant convenablement disposé pour éviter les altérations qui pourraient résulter d'un échauffement considérable.

Les blés demi-durs et tendres sont les plus faciles à traiter par ce procédé, qui donne, en moyenne, pour 100 kilogr. de blé, à peu près les produits suivants :

Farine à pain blanc	60
— — demi-blanc.	14
Sons gros et menus.	24
Déchet.	2
Total.	100

3° ***Mouture à gruaux.*** Le but de ce procédé est d'obtenir les belles farines destinées à la préparation des pains de luxe fabriqués dans les grandes villes. Les froments demi-durs et durs, à grains réguliers et volumineux, sont les seuls qui puissent supporter avec avantage ce mode de traitement.

La mouture à gruaux consiste à écraser et concasser le grain de manière à enlever l'enveloppe corticale extérieure et celle qui est repliée dans l'intérieur du grain, et à moudre ensuite les gruaux soigneusement purifiés. Voici comment on opère, après avoir préalablement soumis le blé à un nettoyage énergique :

Les meules sont convenablement écartées pour écorcer le blé et bien détacher les gruaux en produisant le moins possible de folle farine. La mouture passe, en quittant les meules, dans un blutoir en étamine qui sépare la farine dite *petit blanc* ou à *vermicelle*. Le mélange de son et de gruaux est alors versé dans une bluterie, formée d'étoffes à mailles de plus en plus larges, qui partage les gruaux en trois qualités : les moins gros portent le nom de *fins finots*, et fournissent la première qualité de farine ; les moyens et les gros sont traités séparément et débarrassés du son et de la folle farine qui peut encore y adhérer, au moyen d'appareils mécaniques plus ou moins compliqués, et enfin de sas à main, espèces de cribles légers sur lesquels nous reviendrons plus tard.

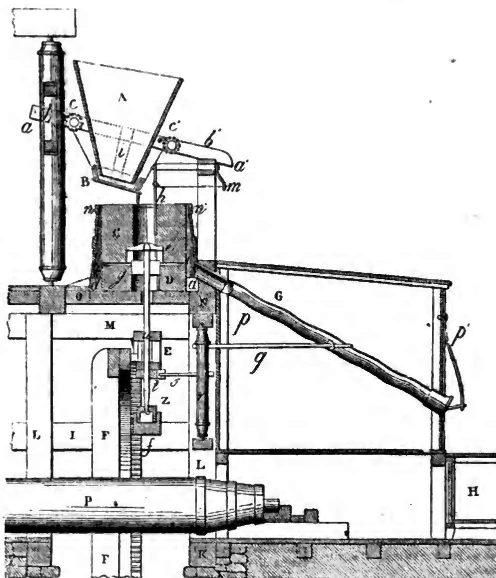
Les gruaux purifiés, que l'on nomme semoule, sont soumis à la mouture. On obtient de la farine et de nouveaux gruaux qui, remoulus, donnent une farine que l'on réunit à la précédente pour former le n° 1 et de nouveaux gruaux. La farine obtenue des troisièmes et quatrièmes gruaux forme le n° 2 ; celle qui provient de la cinquième mouture, est dite blanche. La sixième mouture fournit de la farine que l'on mêle avec la farine d'écorçage. La septième mouture fournit enfin la farine dite *bise*.

Voici l'indication des résultats ordinairement obtenus, par ce mode de fabrication, du traitement de 100 parties en poids de blé de bonne qualité :

Criblure ou petit blé.	0,800
Farine dite à vermicelle.	20,352
— — des gruaux n° 1.	20,352
— — — n° 2.	6,360
— dite blanche.	11,448
— — bise.	19,040
Son.	6,000
Recoupe.	6,400
Remoulage.	7,599
Perte.	1,649
Total.	100,000

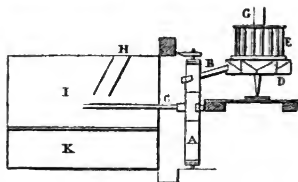
Disposition générale d'un moulin. Nous venons d'indiquer rapidement les principes des méthodes de mouture les plus fréquemment employées ; examinons maintenant l'ensemble de la disposition des différentes pièces mécaniques qui composent un moulin. Rien de plus simple que la distribution des anciens moulins à mouture économique et de nos petits moulins ruraux. La fig. 1903 peut en donner une idée. L'arbre moteur P porte une roue dentée en bois F, qui engrène avec les fuseaux de la lanterne E, montée sur l'axe *u*, nommé le gros fer. Cet axe repose dans une crapaudine Z solidement établie et supporte la meule courante C, qu'il

entraîne dans son mouvement de rotation. Le grain est versé dans la trémie A, au-dessous de laquelle est disposée une caisse rectangulaire B, légèrement inclinée et ouverte du côté inférieur. Cette caisse est supportée



1903.

par des cordes enroulées sur de petits treuils c, c' : en la rapprochant ou en l'éloignant de la base de la trémie, on ralentit ou on accélère l'écoulement du blé ; elle reçoit d'ailleurs d'un petit appendice fixé à la meule un mouvement régulier d'oscillation, qui fait descendre le blé que l'inclinaison seule de cette caisse ne suffirait pas pour faire tomber. Le grain, introduit dans l'ouverture de la meule supérieure, s'engage entre elle et la meule inférieure ou *dormante* D, et se trouve écrasé par son passage entre les surfaces de ces deux pierres. La mouture descend ensuite dans le bluteau p, renfermé dans la huche G. Les ailettes, fixées au dessous de la lanterne E, choquent régulièrement la tige s, fixée perpendiculairement à l'arbre L, monté sur deux pivots. Ce mouvement de secousse est transmis au bluteau par la seconde tige q, également engagée dans la pièce L. Ce mécanisme, représenté à une plus grande échelle (figure 1904), se nomme le *babillard ;* c'est lui qui produit en grande partie le bruit particulier si bien représenté par le mot le *tic-tac* du moulin. Quand on visite l'appareil que nous venons de décrire, on est frappé des soins et du travail continuels qu'il exige, du désordre qu'il paraît présenter, de la perte de la farine qui se répand partout et du bruit assourdissant qu'il produit. Cette machine est une image de l'enfance de l'art. Entrons, au contraire, dans un grand moulin garni des nouveaux appareils. Un silence presque absolu étonne d'abord, puis on est frappé de l'ordre et de la propreté qui règnent partout. Un ou deux surveillants dirigent toute la machine et n'ont, pour ainsi dire, qu'un coup d'œil à donner pour faire agir les différents organes de l'appareil. Un cadran placé dans la salle des meules leur indique à chaque instant si le moteur accélère ou ralentit sa marche ; un léger effort exercé sur un levier mis à leur portée permet de ramener aussitôt la force motrice à une intensité convenable, ce que la machine effectue quelquefois d'elle-même. Une autre manivelle donne le moyen de faire varier l'écartement des meules et de les amener toujours à la position convenable. La machine prend elle-même les sacs de blé sur les chariots qui les amènent, les transporte au magasin ou à la trémie, qui distribue le blé aux différents appareils. Le grain, dès lors, appartient au mécanisme qui se charge de lui faire parcourir successivement tous les étages du moulin et ne l'abandonne qu'après l'avoir transformé en farine.



1904.

Parcourons rapidement la série des opérations que le mécanisme effectue ainsi en ne laissant à l'homme que le soin de sa direction et de son entretien.

Le blé amené, comme nous venons de le dire, dans la grande trémie de l'usine, est conduit, au moyen de chaînes à godets ou de vis sans fin, dans les différents appareils de nettoyage. Il traverse ainsi l'*émotteur* qui sépare la paille et les mottes, puis le *nettoyeur* qui chasse les blés noirs et la poussière; il arrive ensuite au *crible*, qui le débarrasse des graines et des petits blés qui doivent être traités séparément. Dans quelques établissements, le blé, en sortant du cribleur dégagé de la poussière et des matières étrangères qu'il renfermait, est légèrement humecté avant d'être conduit aux meules. Le but de cette opération est de rendre plus souples et moins friables les membranes corticales grises qui enveloppent le grain, et, par suite, plus facile leur séparation par les bluteries. Dans d'autres établissements, le grain est conduit aux *cylindres compresseurs*, espèces de laminoirs qui le concassent grossièrement avant de le livrer aux meules, et diminuent d'autant le travail de ces dernières.

Les deux opérations dont nous venons de parler sont souvent supprimées. Dans tous les cas, le blé, transformé en mouture par l'action des meules auxquelles il est livré, et convenablement refroidi au moyen de différents systèmes de *réfrigérants*, est repris par les chaînes à godets ou autres appareils analogues, et transporté aux appareils de la *bluterie*, qui séparent les farines de différentes qualités, et partagent enfin les issues en sons et remoulages de grosseurs variées.

Nous avons indiqué d'abord les principes des différents systèmes de mouture; nous venons de faire connaître sommairement le nom et les fonctions des appareils qui entrent dans la composition des moulins. Nous allons maintenant examiner un à un avec détails les différents organes du mécanisme, en expliquant successivement les modifications dont chacun d'eux est susceptible. Nous suivrons, dans cette description, l'ordre dans lequel le grain lui-même les parcourt en général.

Appareils de nettoyage. La disposition des appareils de nettoyage est excessivement variée. Chaque meunier arrange en quelque sorte ses machines suivant les localités, la force qu'il possède et la nature des grains qu'il traite ordinairement. Nous ne décrirons ici que les appareils généralement employés dans les moulins nouvellement construits, et dont la supériorité sur les anciens tarares de différentes constructions est aujourd'hui bien constatée.

Emotteur. Nous avons dit que le blé, en sortant de la grande trémie du moulin, était conduit à l'*émotteur*. Cet appareil était toujours formé autrefois d'un châssis rectangulaire de $2^m,00$ de longueur environ, dont le fond était garni d'une tôle mince percée de trous assez gros pour laisser passer le bon blé et les graines de même grosseur ou plus petites. Les mottes et les pailles d'un certain volume ne pouvaient traverser cette tôle, et tombaient à côté du châssis. Il était nécessaire de donner à l'appareil une légère inclinaison, et de lui communiquer à la fois un mouvement alternatif et de trépidation pour faire circuler le grain. On construit maintenant les émotteurs d'une manière beaucoup plus avantageuse. On monte sur un arbre en fer un cylindre en tôle découpée de $1^m,30$ de longueur et de $0^m,37$ de diamètre. Ce cylindre est enveloppé d'une chemise en tôle pleine de $1^m,14$ de longueur, de $0^m,40$ de diamètre à l'une de ses extrémités et de $0^m,45$ à l'autre, afin que, l'axe du cylindre étant horizontal, la surface de la chemise présente une inclinaison convenable pour conduire à l'extrémité le blé qui a traversé la tôle du cylindre. Les mottes et les grosses pailles, qui n'ont pu passer à travers les trous de la tôle, sont conduits au dehors. L'arbre en fer, sur lequel est monté le cylindre dont nous venons de parler, porte une poulie ou une roue dentée, qui imprime à la machine une vitesse de rotation de trente tours par minute environ.

Nettoyeur. Le grain, en sortant de l'émotteur, tombe dans la trémie K (voir fig. 1905 et 1906), et se trouve soumis à l'action d'un courant d'air produit par le *ventilateur* H, qui projette au dehors les pailles, les blés noirs et autres corps légers qui ont traversé l'émotteur. Le blé, nécessairement plus lourd, n'est pas entraîné par le vent, et s'introduit, par l'ouverture L, dans l'espace annulaire ménagé entre un cylindre fixe et un autre cylindre animé d'un mouvement rapide de rotation. Ces deux cylindres sont en tôle dite crevée, dont les aspérités sont extérieures. Le blé, violemment projeté par le mouvement de la machine, tantôt sur une des surfaces de tôle, tantôt sur l'autre, se trouve froissé et nettoyé en tous sens. Il arrive alors sur le plateau inférieur G, également en tôle percée de trous, sur lequel il est encore fortement frotté par une brosse à poils durs, et tombe enfin dans la trémie N, où il se trouve soumis à l'action du ventilateur I. Ce second courant d'air entraîne la poussière qui a été détachée par l'action des cylindres et des brosses dont nous venons de parler. Les petites mottes de terre qui ont traversé l'émotteur, et les blés noirs qui ont échappé à l'action du premier ventilateur, sont réduits en poussière par leur passage entre les deux cylindres de tôle, et sont alors facilement entraînés par le second courant d'air.

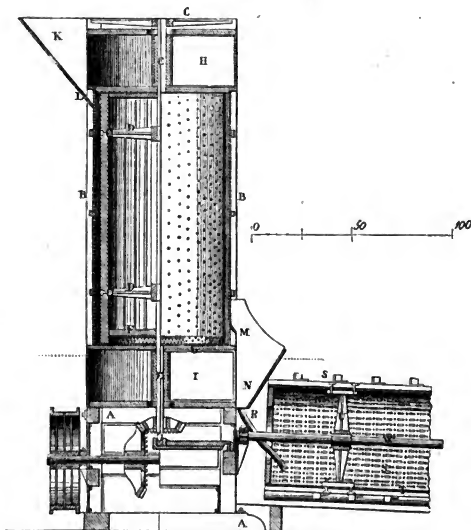
Nous venons d'expliquer la marche du nettoyeur à cylindres verticaux; étudions maintenant attentivement la construction de cet ingénieux appareil. Tout le mécanisme est supporté par quatre montants verticaux B en bois, assemblés à leur partie inférieure dans les patins A, et réunis à leur partie supérieure par un croisillon en fonte C à quatre branches (vu en plan, fig. 1907), évidé en son milieu, de manière à former une boîte carrée qui reçoit les coussinets de l'arbre vertical DD. La partie la plus importante de l'appareil est le tambour ou cylindre vertical mobile; son exécution demande beaucoup de soin et de précision. Il est formé d'un grand nombre de douves jointives, boulonnées sur deux cercles en fonte E,E (fig. 1905 et 1908), à quatre bras tournés et ajustés sur l'arbre D, auquel ils sont fixés par des clefs. Les têtes des boulons qui retiennent les douves sont noyées dans les bois, afin que l'on puisse remettre le cylindre sur le tour pour le rendre parfaitement rond. Les extrémités de ce cylindre sont fermées par des disques en planches réunies à languettes, et sur lesquels les douves sont aussi fixées. On cloue sur la surface du cylindre ainsi ajusté les feuilles de tôle criblées de trous percés au poinçon, afin de laisser de fortes aspérités du côté opposé au perçage. Dans les ateliers de construction bien outillés, on a une machine qui perce ces trous avec une grande régularité et une rapidité remarquable. Le poinçon employé pour cette opération est conique; sa section est indifféremment circulaire, carrée ou triangulaire. Les trous doivent d'ailleurs être assez rapprochés pour que, les aspérités étant placées en dehors, le cylindre forme une râpe très vive. Des brosses à poil dur sont fixées, comme nous l'avons déjà dit, à la partie inférieure du tambour que nous venons de décrire.

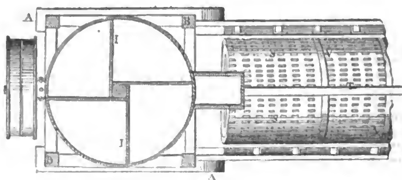
L'arbre DD, qui porte le cylindre mobile, repose inférieurement sur une crapaudine en acier fondu, fixée sur un support en fonte qui permet de la centrer et de l'élever convenablement, et se trouve maintenue à sa partie supérieure par les coussinets engagés dans le croisillon *c*. Les ventilateurs H et I sont montés sur le même arbre, ainsi que le pignon d'angle *r*, denté en fonte, qui reçoit le mouvement d'une roue plus grande R, dentée en bois, et ajustée sur un arbre de couche porté par le bâti du nettoyeur, et muni de deux poulies, l'une folle et l'autre fixe, mises en mouvement par une courroie sans fin. Les ventilateurs sont formés de quatre ailes en bois blanc léger, fixées sur des man-

chons carrés faits en deux pièces et retenus sur l'arbre au moyen de goupilles.

Le cylindre mobile est enveloppé par un second cylindre également en bois, garni de tôle percée, dont les aspérités sont en dedans. La distance qui sépare les

1905.

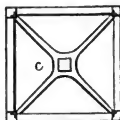




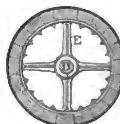
1906.

deux cylindres est de 0m,025 environ. La partie supérieure de cette enveloppe est recouverte par une planche qui forme le fond du ventilateur H, qui est d'ailleurs entouré d'un cylindre en tôle pleine ouvert seulement vis-à-vis de la trémie K. La base du cylindre enveloppe est également séparée, par une planche recouverte de tôle crevée, du ventilateur inférieur I.

Les dimensions et la vitesse du cylindre vertical ont la plus grande influence sur les effets de cet appareil. Quand on donne au cylindre 2 mètres de hauteur et une vitesse de 400 tours par minute, son action est tellement énergique, que le blé est entièrement dépouillé de sa pellicule et qu'il devient *perlé*. Ce nettoyage serait évidemment trop complet, puisqu'il ferait perdre tout le son dont on retire un certain bénéfice, et qui ne vaudrait plus rien ainsi mélangé de poussière. Si l'on diminue en même temps les dimensions et la vitesse du cylindre, on tombe dans l'inconvénient contraire, c'est-à-dire que le blé, n'étant pas assez longtemps en contact avec les tôles, n'est pas complétement nettoyé. L'usure des tôles est d'autant plus rapide, toute chose égale d'ailleurs, que la vitesse est plus grande; on doit chercher à leur assurer une existence assez longue pour que les chômages ne soient pas trop multipliés.



1907.



1908.

Après de nombreux tâtonnements, M. Cartier, constructeur de roues dentées et de moulins, à Paris, auquel on doit la machine qui nous occupe, s'est arrêté aux dimensions suivantes qui paraissent les plus convenables : le cylindre a 0m,60 de diamètre et 1m,20 de hauteur; il doit faire de 280 à 300 tours par minute.

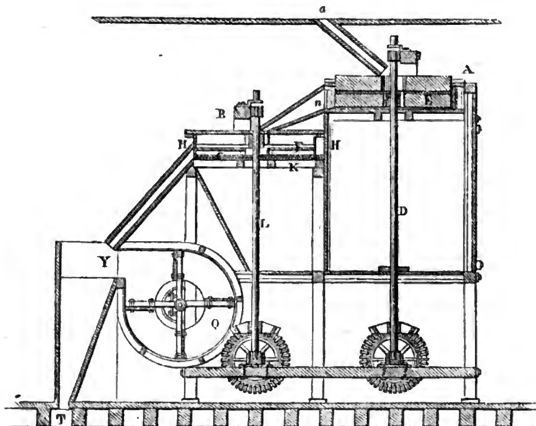
L'appareil, avec les dimensions que nous venons d'indiquer, peut nettoyer facilement 250 kilogrammes de blé par heure ou 6000 kilogrammes par 24 heures, c'est-à-dire environ 75 hectolitres. C'est à peu près le travail de quatre à cinq paires de meules à l'anglaise, avec une puissance de 12 à 14 chevaux-vapeur effectifs. Quelques usines n'ont même qu'un seul nettoyeur pour six paires de meules; mais alors il fatigue beaucoup. Le

prix de cet appareil, pris chez le constructeur, M. Cartier, est de 800 à 900 francs.

Parmi les appareils employés pour le nettoyage des blés avant le nettoyeur de M. Cartier, nous citerons le suivant (fig. 1909), qui était un des meilleurs. Le blé est conduit par le tuyau o dans une ouverture circulaire, pratiquée au centre de la meule courante A placée à une assez grande distance de la meule gisante E, pour ne pas écraser le grain, mais seulement le rouler sur lui-même avec une certaine énergie. Après avoir passé minée, et dans laquelle passe un courant d'air sec et chaud. En sortant de cette chambre, le grain circule dans une nouvelle série de cylindres et reprend rapidement la température ordinaire.

L'appareil construit par M. de Meaupeou peut nettoyer, laver et sécher 300 hectolitres de grain par 24 heures. Nous n'avons pas été à même d'apprécier jusqu'à présent ses résultats économiques.

Cylindre cribleur. Le nettoyage du grain se termine ordinairement par son passage à travers un crible;



1909.

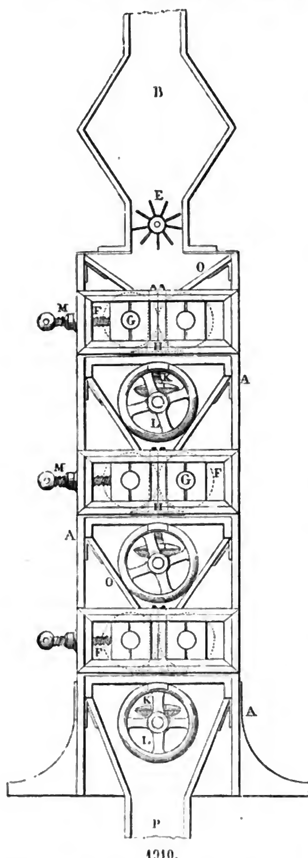
entre les deux meules dont nous venons de parler, le grain descend, par le tube *n*, dans un cylindre entièrement fermé, dont le fond et les côtés sont en tôle crevée, et dans lequel se meut un tambour F garni de brosses dures qui détachent complétement la poussière adhérente. Le blé, ainsi nettoyé, tombe par le tuyau H, et traverse le courant d'air produit par le ventilateur Q. La poussière et les corps légers s'échappent par l'ouverture Y; le bon blé descend dans la trémie T.

Le nettoyage avec les appareils que nous venons de décrire a lieu par *voie sèche*. On cherche depuis longtemps une bonne méthode de nettoyage par *voie humide*. Ce mode de purification présenterait beaucoup d'avantages, mais jusqu'à présent la solution complète de la question n'a pas été obtenue. Le *lavage* du grain est assez facile à exécuter, mais le séchage paraît offrir de grandes difficultés. Quoiqu'il en soit, M. de Maupeou a pris, en 1834, un brevet d'invention pour une machine qui paraît assez satisfaisante. Le blé, après avoir été lavé, parcourt successivement une série de cylindres animés d'un mouvement de rotation, et disposés dans une chambre de forme pyramidale faisant chequelques meuniers négligent cependant cette opération. Voici du reste la description de l'appareil le plus perfectionné en ce genre. Un tuyau recourbé R (fig. 1905 et 1906) part du fond de la trémie N et conduit le blé dans le cylindre cribleur S, que nous n'avons pu représenter dans toute sa longueur, faute d'espace. Ce cylindre a 4 mètres de longueur et 0m,50 de diamètre; il est formé de feuilles de tôle mince, découpées en trous longs et ronds, calculés de manière à laisser passer les petits grains de blé et les graines rondes qu'on ne veut pas moudre avec les blés de premier choix. Ces feuilles de tôle sont clouées sur de longues tringles de bois, fixées sur trois cercles ajustés sur des croisillons en fonte U, montés sur l'arbre en fer tourné W. Le cylindre cribleur doit faire 28 à 30 tours par minute; il convient de prendre son mouvement sur l'arbre moteur du nettoyeur, afin que ces deux appareils marchent et s'arrêtent en même temps. On lui donne d'ailleurs une inclinaison de 0m,04 par mètre pour faciliter la descente des grains.

L'extrémité supérieure est fermée par une planche qui ne présente qu'une ouverture circulaire, à travers laquelle s'introduit le conduit *g*. L'extrémité inférieure

est aussi fermée par un plateau ouvert à son centre, et garni de palettes qui forment *escargot* et facilitent la sortie du grain eu l'élevant de la partie inférieure jusqu'au centre.

Le cylindre cribleur est enveloppé d'une auge demi-



1910.

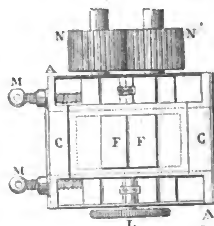
circulaire en fer-blanc ou en zinc, dans laquelle tombent les petits grains qui passent à travers les trous de la tôle percée. L'inclinaison de cette auge étant très faible, on a cloué sur les tringles en bois des palettes qui poussent, comme une vis sans fin, vers l'extrémité de l'auge, les grains qui s'y accumuleraient sans cette précaution.

Dans quelques moulins, le blé en sortant du cylindre cribleur n'est pas conduit directement à l'engreneur. On le soumet, soit à l'opération du mouillage, soit à l'action de cylindres comprimeurs. Nous devons expliquer en quoi consiste ce travail.

Mouillage. Quand la nature des blés rend nécessaire de les mouiller avant de les soumettre à l'action des meules, on les fait passer à travers des cylindres en tôle pleine, inclinés et animés d'un mouvement de rotation, à travers lesquels circule un filet d'eau. Cette machine très simple humecte uniformément tous les grains et n'exige que très peu de force.

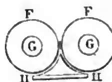
Cylindres comprimeurs. Il est assez avantageux de soumettre à l'action de cylindres comprimeurs les blés très durs ou renfermant accidentellement des graviers qui n'ont pu être attaqués par le cylindre nettoyeur. Cette machine est toutefois assez rarement employée; voici du reste comment elle est ordinairement établie.

Trois paires de cylindres très durs, en fonte ou même en acier trempé F,F (fig. 1910 et 1911), sont disposés les uns au-dessus des autres dans un fort bâti A. Des trémies o o, o' o', o'' o'', ramènent sans cesse vers cha-



1911.

que système de cylindre le blé qui sort du précédent. Les vis M qui agissent sur les coussinets qui embrassent les axes des cylindres G permettent de régler convenablement leur écartement. Une pièce triangulaire H, nettement indiquée (fig. 1912), est placée au-dessous de chaque paire de cylindres. Le grain se trouve ainsi soumis à l'action des cylindres, non seulement pendant son passage au point I, mais encore pendant tout le temps qu'il met à parcourir l'espace I H. Les manivelles à volants L (fig. 1910 et 1911) mettent en mouvement, au moyen de roues d'angle K, des vis qui servent à régler l'écartement de la pièce H et des cylindres comprimeurs.



1912.

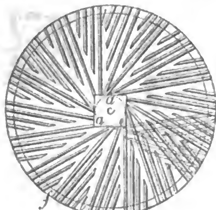
Meules. La bonne qualité des meules est une des conditions les plus importantes de l'établissement d'un moulin. On ne saurait apporter trop de soin au choix de la pierre et à la manière dont elle est taillée.

Les pierres calcaires et les grès sont impropres à la fabrication des meules ; elles formeraient par leur frottement, soit de la poussière, soit des sables qui altéreraient la farine à laquelle ils se mêleraient. La variété de quartz silex, connue sous le nom de pierre meulière, fournit les meilleures meules connues. Cette roche se rencontre assez abondamment dans les terrains tertiaires des environs de Paris, surtout auprès de La Ferté-

sous-Jouarre (Seine-et-Marne). Les fabriques de meules de cette localité sont renommées en France et à l'étranger; elles fournissent tous les moulins des environs de Paris, et font de nombreuses expéditions pour l'Amérique.

Les anciennes meules avaient de 1m,80 à 2m,30 de diamètre. On les formait d'un seul bloc, et quelquefois de deux ou trois fragments. Il était très difficile de se procurer de pareilles pierres, et tout à fait impossible d'avoir des meules parfaites; elles présentaient toujours quelques points défectueux.

Les meules employées dans la mouture américaine ont presque toujours maintenant 1m,30 de diamètre et



1913.

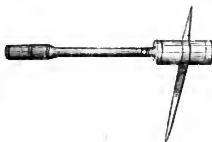
0m,27 d'épaisseur. Elles sont formées d'un grand nombre de pierres de petite dimension, de qualité identique, rapprochées et maintenues par une couche de plâtre et des cercles en fer. Quelques fabricants s'attachent à cacher les joints dans le fond des sillons des meules; cette précaution est assez bonne. Dans tous les cas, les joints des pierres doivent être taillés au burin pour que l'ajustage soit aussi parfait que possible. La pierre meulière forme à peine la moitié de l'épaisseur que nous venons d'indiquer; le reste est formé de débris maçonnés au plâtre. Les inégalités naturelles de la pierre, qui la rendent coupante et plus ou moins vive, se nomment *éveillures*. On dispose généralement les morceaux de pierre les plus vifs, et par suite les plus favorables à la mouture, près de la circonférence des meules. On a remarqué qu'il était convenable de marier des meules de natures différentes; la meule *courante* doit être plus ardente que la meule *gisante*.

On ménage au centre de chaque meule une ouverture circulaire de 0m,25 à 0m,30 de diamètre, nommée l'*œillard*. A peu de distance de ces ouvertures, les meules sont rayonnées sur toute leur surface, comme l'indique la fig. 1913. La profondeur de ces rayons est de 0m,005 à 0m,006. Ils sont formés d'un plan perpendiculaire à la surface générale de la meule, et d'un autre plan incliné qui vient se raccorder avec le dessus de la meule. Les rayons de la meule courante et de la meule gisante sont disposés de la même manière; ils passent les uns au-dessus des autres, pendant le mouvement, en formant des angles variables comme une cisaille. Le grain se trouve donc d'abord déchiré par les rainures avant d'être broyé entre les parties pleines de la surface des meules. On a tenté, en Angleterre, de donner aux rayons une forme circulaire; cette innovation, que rien ne justifie, n'a produit aucun bénéfice.

Une paire de meules ne peut travailler que 6 ou 7 jours de suite, il faut donc en avoir une de rechange sur cinq ou six.

Les parties pleines des meules doivent être parfaitement planes. Quelques meuniers, il est vrai, creusent

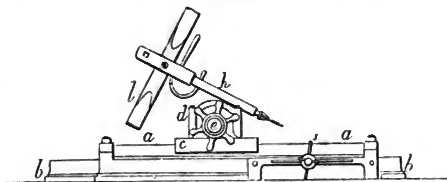


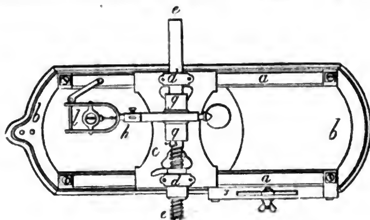


1914. 1915.

légèrement vers l'œillard la meule courante; mais cette précaution paraît inutile. La surface des meules doit être dressée au marteau avec le plus grand soin : cette opération se nomme *rhabillage*. On vérifie si la meule est bien droite, en passant dessus une règle enduite

1916.





1917.

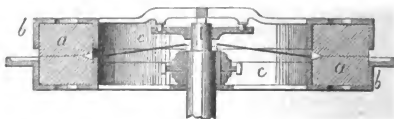
d'une légère couche de rouge : les parties sur lesquelles s'arrête la couleur sont les plus élevées. Les ouvriers rhabillent les meules, en frappant des coups légers et

dirigés parallèlement sur toute la surface, à l'aide d'un marteau tranchant en acier fondu bien trempé. (Fig. 1914 et 1915.)

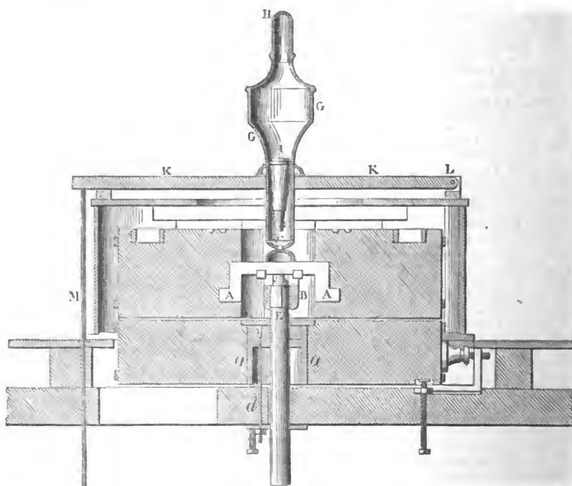
L'opération du rhabillage des meules est très délicate, et exige des ouvriers intelligents et très exercés. On a souvent cherché à l'exécuter mécaniquement; jusqu'à présent on n'est pas arrivé à une solution complète du problème; il paraît très difficile à résoudre. La qualité de la pierre, variant d'un point à un autre, exige à chaque instant un effort différent qui ne peut être apprécié que par un ouvrier exercé; on ne peut que diriger la main de l'ouvrier pour obtenir le parallélisme et la régularité de l'écartement des tailles. Tel est le but de la machine imaginée par M. Dard de Troyes, et qui paraît fournir de très bons résultats.

Les figures 1916 et 1917 feront comprendre la construction de cet outil. Deux guides cylindriques *a*, *a*, en fer tourné, sont fixés sur le châssis en fonte *bb*, que l'on pose sur la meule à rhabiller, et qui doit être assez lourd pour se maintenir en place par son propre poids. Un chariot en fonte *cc*, conduit par les guides *a*, *a*, peut se mouvoir librement sur toute la longueur du châssis : ce chariot porte deux coussinets *d*, *d*, qui reçoivent une vis *ee*. Un manchon *g*, tournant librement sur cette vis, porte une pièce *h* disposée de manière à recevoir l'outil *l*. L'ouvrier appuie sur la partie méplate de la pièce *h*, et soulève ainsi le marteau qu'il abandonne ensuite à son propre poids pour le laisser frapper sur la meule. Le parallélisme des tailles est assuré par cette disposition, puisque l'outil ne peut se mouvoir que dans le sens des guides; leur écartement est d'ailleurs réglé d'une manière fort ingénieuse : quand le chariot porte-outil arrive à l'extrémité de sa course, l'étoile *p*, fixée sur l'écrou *q* qui commande la vis, rencontre la tige *s* fixée au bâti de l'appareil et tourne d'un certain nombre de dents. La vis avance donc d'une certaine portion de son pas, et l'outil se trouve transporté parallèlement à lui-même de la même quantité.

On a fait de nombreux essais pour modifier le système des meules généralement employées, et diminuer la consommation de pierres meulières et l'échauffement de la boulange. Les meules à mouvement excentrique, ou garnies de lames et rayons en acier, n'ont donné aucun bon résultat jusqu'à présent. On espère qu'il en sera tout autrement de meules annulaires pour lesquelles M. Gosme a obtenu un brevet d'invention il y a neuf ans. Les parties de la meule qui avoisinent l'œillard ne travaillent presque pas; on sait d'ailleurs que la dimension de cette ouverture n'influe sensiblement ni sur la quantité, ni sur la qualité du produit



1918.



1919.

obtenu. M. Gosme, d'après ces observations, a essayé de réduire considérablement la surface travaillante de la meule. Voici comment il y est parvenu. Il dispose les carreaux de pierre meulière *a* (figure 1918) dans des cuvettes annulaires en fonte *b*. Une surface conique en tôle *c* conduit le grain jusqu'à l'entrée de la meule. La construction du gros fer, du pointal, etc., est d'ailleurs à peu près le même que de coutume. Cette disposition présente plusieurs avantages : elle économise la pierre meulière, dont le transport est fort coûteux pour les localités éloignées des carrières ; elle diminue l'échauffement de la boulange, et enfin elle économise la force motrice en réduisant les frottements. Ces nouvelles meules sont certainement appelées à rendre des services ; les fabricants de meules ordinaires, auxquels j'en ai parlé, n'ont pu s'empêcher de les approuver.

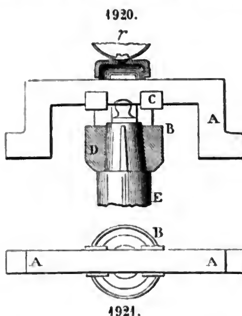
Disposition des meules. La meule gisante (fig. 1919) repose sur un plancher solidement construit en charpente ou en fonte, comme nous le verrons un peu plus loin en parlant de la disposition des *beffrois*. On la place dans une position parfaitement horizontale au moyen de vis verticales et de *triangles*. Enfin des vis horizontales déterminent sa position. La meule courante est supportée par un arbre E, ordinairement en fonte, nommé *gros fer* ou *fer de meule*, qui lui imprime un mouvement rapide de rotation. La réunion de la meule courante et du gros fer se fait ordinairement au moyen d'une *nille* ou *anille* A, pièce de fer encastrée dans la meule et qui repose sur l'extrémité du gros fer auquel elle est librement réunie par un manchon en fonte. Les fig. 1920, 1921, 1922 et 1923 montrent les détails de cette disposition. Le manchon en fonte B qui supporte la nille A est composé de deux parties. La partie inférieure s'ajuste sur le gros fer et se trouve maintenue par les deux nervures E. La pièce sphérique sur laquelle repose la nille est en acier, on la nomme *pointal*. Elle est encastrée dans le gros fer.

La simple inspection des fig. 1924, 1925, 1926 et 1927 fera comprendre une autre disposition d'anille quelquefois employée. Il en est de même du système d'anille de la fig. 1928. Mais ces dispositions sont moins bonnes que celle que nous avons fait connaître la première.

Le sommet du pointal doit être placé notablement au-dessous du centre de gravité de la meule, afin que l'équilibre soit très stable. Dans une meule de $0^m,27$ d'épaisseur, il convient de le placer à $0^m,15$ au-dessus de la surface inférieure.

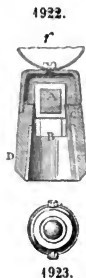
On doit chercher à mettre la meule en équilibre aussi parfait que possible. Malgré les soins apportés à la disposition de la pierre, on n'atteint pas complétement ce résultat ; on est obligé de terminer la mise en équilibre en coulant du plomb dans des trous disposés à cet effet sur la surface de la meule.

1920.



1921.

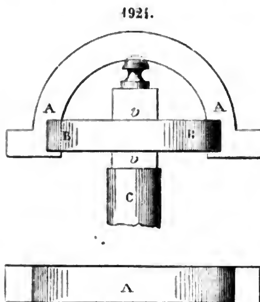
1922.

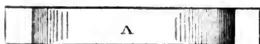


1923.

Le gros fer traverse la meule gisante à travers un boitard en fonte *a* (fig. 1919), scellé dans cette meule. Ce boitard est représenté en coupe et en plan fig. 1929 et 1930. Les coussinets en bronze *x*, dont on peut augmenter ou diminuer le serrage au moyen de la tige *d*, embrassent la partie tournée du gros fer. Les masses d'étoupes *y*, constamment imprégnées d'huile, entretiennent la douceur du mouvement.

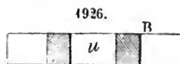
1924.

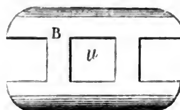




1925.

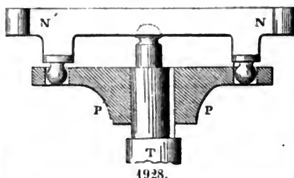
1926.





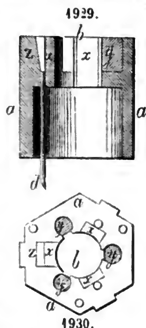
1927.

Engreneur. Le blé est amené aux meules par un tuyau H (fig. 1919) qui s'ouvre dans la boîte en cuivre mince G. Celle-ci se termine par un tuyau ouvert, dont l'extrémité est placée au-dessus d'une cuvette *r*, fixée



1928.

sur le manchon en fonte qui surmonte le gros fer. En soulevant plus ou moins la traverse KL qui supporte la boîte G, on règle convenablement l'écoulement du grain.



Cet appareil très simple remplace avec avantage les trémies, l'auget et le *baille-blé,* qui encombrent sans nécessité toute la surface des meules, et produisent un bruit si désagréable.

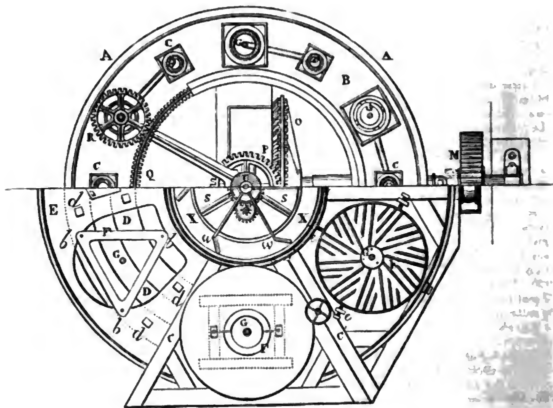
Disposition du gros mécanisme, beffroi. Nous venons d'indiquer l'ajustement de meules; examinons maintenant comment on peut grouper les différentes paires et le mécanisme qui leur transmet le mouvement.

Les fig. 1931 et 1932 représentent un beffroi de six paires de meules, disposé de la manière la plus convenable. Le plan (fig. 1931) est fait à plusieurs hauteurs différentes : ainsi, la meule en F² est recouverte de son enveloppe, tandis qu'en F' on a supprimé l'enveloppe et la meule courante pour ne montrer que la gisante. Enfin, en F, on suppose les deux meules enlevées et on aperçoit le *triangle* en fer *bbb* sur lequel la meule est placée et qui reçoit l'action des vis calantes. La partie supérieure de la figure représente aussi des sections faites à différentes hauteurs : la première au niveau de l'engrenage qui transmet le mouvement et les deux autres à des hauteurs moins considérables encore.

Les meules sont établies sur une forte plate-forme en fonte ou en charpente DD (fig. 1932) portée sur des colonnes également en fonte *c*, qui reposent sur un massif de maçonnerie. La roue M reçoit le mouvement du moteur, et, au moyen des roues d'angles *o* et *p*, le transmet à l'arbre vertical U. Cet arbre porte la roue *g* qui engrène à la fois avec tous les pignons A montés sur les gros fers G des meules (fig. 1931 et 1932). On débraie les roues R en les soulevant au moyen d'un cric de forme particulière. Le nombre de dents des roues qui composent le système d'engrenage dont nous venons de parler, doit être calculé de manière à ce que les meules fassent 120 tours par minute. Ils dépendent par conséquent de la nature du moteur; ainsi, avec les roues hydrauliques ordinaires, on est obligé d'accélérer le mouvement; avec certaines turbines au contraire on est obligé de le ralentir, et quelquefois la vitesse de la turbine est telle que l'on peut monter directement la meule sur l'arbre du moteur, ce qui évite l'emploi des roues dentées.

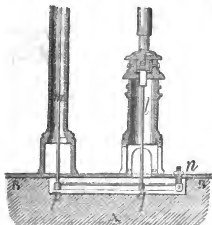
Les roues dentées *g* et R peuvent être remplacées par des courroies. Ce mode de transmission de mouvement est en général plus doux que les engrenages; il présente surtout un grand avantage dans les moulins où la puissance motrice est intermittente, comme une machine à vapeur, dont le *point mort* est toujours sensible quelle que soit la masse du volant. L'arbre moteur et le gros fer portent, dans ce cas, des poulies sans gorge de même diamètre et à moitié enveloppées par les courroies qui doivent avoir 0m,25 à 0m,30 de largeur pour transmettre la force nécessaire. Les courroies doivent être assez longues pour n'être pas naturellement tendues. On les fait agir au moyen d'un rouleau de tension. L'embrayage et le débrayage sont beaucoup plus faciles avec cette disposition que dans le système précédent.

Le mécanisme employé pour *soulager* les meules est fort ingénieux et n'exige pas que le meunier descende à l'étage inférieur, comme cela avait lieu dans les anciens moulins. La crapaudine qui reçoit le pivot du gros



1931.

fer est guidée par un manchon cylindrique, et peut être soulevée par la tige *l* (fig. 1933) qui est fixée à



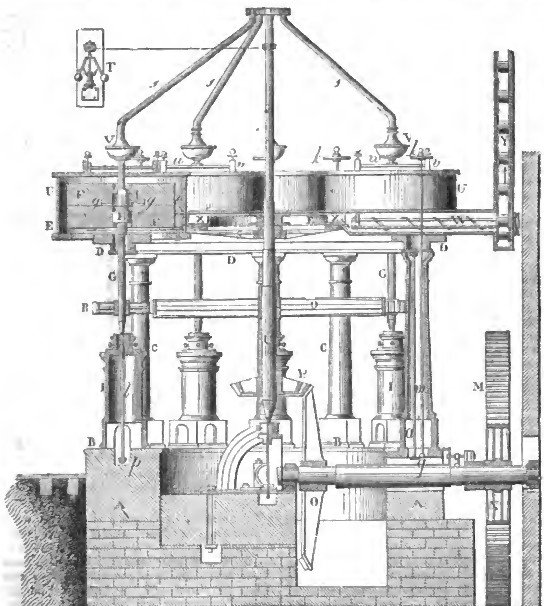
1933.

charnière au levier *p q*. L'extrémité de ce dernier levier est réunie à une tige *m* (fig. 1932) qui traverse la colonne et se termine à l'étage des meules par une petite manivelle à volant *k*. Cette tige *m*, taraudée dans une partie de sa longueur, traverse un écrou fixe que l'on aperçoit logé dans l'entablement D. En imprimant un mouvement de rotation convenable à cette tige au moyen de la manivelle *k*, on voit qu'on soulèvera le levier *p q* (fig. 1933) et par suite la meule. Les mêmes lettres représentent les mêmes objets sur le dessin de détail (fig. 1933), et sur la figure d'ensemble on comprendra aisément le jeu de l'appareil.

Les conduits *s* amènent le grain aux engreneurs V, dont nous avons déjà donné la description.

Une poulie montée sur l'arbre V met en mouvement un modérateur à force centrifuge T. Les boules de cet instrument s'écartent d'autant plus que la vitesse est plus grande; il est d'ailleurs disposé de telle sorte qu'il fait sonner une cloche d'un certain timbre, quand la vitesse est trop grande, et qu'il en agite une d'un autre son quand elle est trop ralentie, de sorte que le meunier n'a même pas besoin de regarder pour savoir qu'elle est la marche de son moulin.

Récipient à boulange. Dans les anciens moulins à l'anglaise, on recevait la boulange à sa sortie des meules dans une boîte rectangulaire, nommée *arche*, qui descendait jusqu'au rez-de-chaussée, et de là elle était remontée par des chaînes à godets jusqu'à l'étage des bluteries. On adopta plus tard une autre disposition : les arches conduisaient la boulange dans un grand récipient circulaire placé autour du beffroi et animé d'un mouvement de rotation très lent. Un élévateur repré-



1932.

nait alors la farine et la montait à la chambre du râteau ou *refroidisseur*. L'évaporation de la folle farine, avec cet appareil, était fort considérable, parce que le récipient circulaire était entièrement ouvert à sa partie supérieure. M. Cartier emploie une autre disposition, qui est maintenant généralement adoptée. Voici en quoi elle consiste : la boulange sort des meules par les ouvertures Z (fig. 1931 et 1932), et tombe dans un réservoir circulaire placé entre les meules peu au-dessus du plancher du beffroi; des palettes X animées d'un mouvement lent de rotation la remuent et finissent par l'amener à la vis sans fin W, qui la conduit jusqu'à une chaîne à godets Y, placée près du mur de timpanne, au moyen de laquelle elle est conduite à la chambre du râteau.

Les dimensions et les vitesses des palettes, de la vis sans fin et de la chaîne à godets doivent évidemment être telles que toute la boulange produite par les meules soit facilement entraînée. Nous ne nous arrêterons pas à ces petits calculs numériques que chacun peut faire, quand on connaît le produit de chaque paire de meules et leur nombre.

Cette disposition n'évite pas entièrement la perte de la folle farine. M. Cartier avait eu l'idée de l'aspirer par un long tuyau et, au moyen d'un ventilateur placé plus loin, de l'envoyer dans la chambre du refroidisseur. Cette idée est fort bonne, mais on peut éviter l'emploi du ventilateur en faisant communiquer le tuyau dont nous venons de parler avec une cave, ce qui suffit pour produire ce tirage. Nous avons vu un appareil fonctionnant par ce moyen : il produit d'excellents résultats.

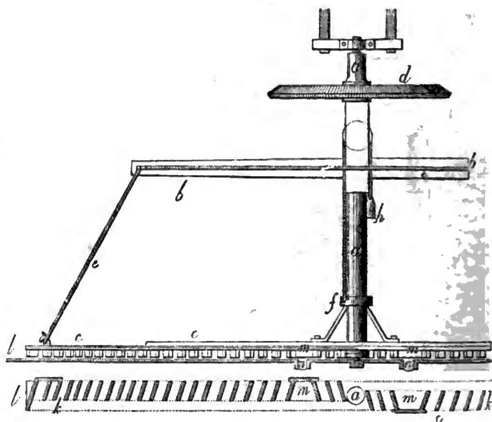
On a pensé que l'échauffement de la boulange tenait, en partie, à ce qu'elle était comprimée, au moment de sa sortie des meules par une seule ouverture, et on a proposé de la laisser sortir tout autour des meules. Cette disposition serait très bonne et facile à réaliser. Il suffirait de placer les meules dans une cuvette circulaire en fonte, et de mettre dans cette espèce d'auge un système de palettes qui ramasseraient la boulange et la conduiraient à l'ouverture par laquelle on voudrait la faire sortir.

Plusieurs essais ont été faits pour s'opposer à l'échauffement produit pendant le passage du blé dans les meules. Jusqu'à présent aucun moyen n'a été généralement adopté. Plusieurs mécaniciens recommandent cependant d'introduire entre les meules, au moyen d'un ventilateur, un courant d'air assez rapide. Ce procédé paraît le plus rationnel et le plus simple.

La question qui nous occupe est du reste celle qui préoccupe le plus les meuniers en ce moment, et les opinions sont loin de se ressembler. Le plus grand nombre des constructeurs cherchent, comme nous venons de le voir, à refroidir la boulange après sa sortie des meules. D'autres meuniers, au contraire, et particulièrement l'un des plus habiles de France, échauffent les tuyaux où ils la font circuler, afin que sa température ne s'abaisse pas avant d'atteindre la bluterie. On évite ainsi la condensation des vapeurs qui se dégagent de la matière, et par suite la formation de ces masses pâteuses qui s'attachent dans tous les coins des appareils et qui sont pour le meunier une cause de perte et de soins continuels. Un autre fabricant va plus loin encore : il échauffe le blé avant de le livrer aux meules; il croit que cette précaution rend la mouture plus facile. Ce résultat ne doit être vrai que pour des échantillons de blé tout à fait particuliers; car les bons effets du mouillage des grains ont été trop souvent observés pour qu'il soit possible de les mettre en doute.

Râteau refroidisseur. Quand on prend le parti de refroidir la boulange, ce que l'on fait presque toujours, on la conduit du récipient dont nous avons parlé, à la chambre du râteau refroidisseur. Cet appareil n'est autre chose qu'un véritable râteau *cc* (fig. 1934 et 1935) fixé à un arbre vertical *aa*, qui peut recevoir un mouvement de rotation au moyen de la roue d'angle *d*. Le contre-poids *h* fixé à l'une des extrémités d'une corde

1934.



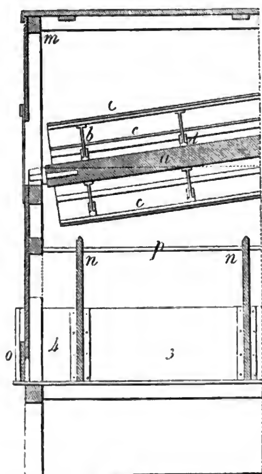
1935.

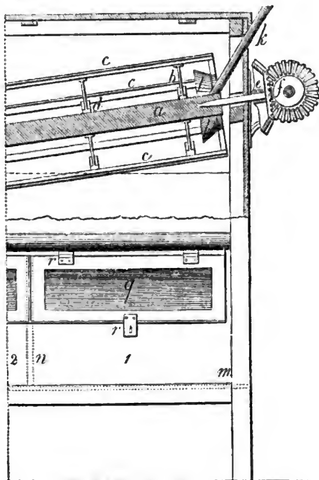
qui s'enroule sur la poulie *g* et qui supporte la pièce *f* solidaire avec le râteau, permet d'élever cette partie de l'appareil à la hauteur convenable. Il résulte de l'inclinaison donnée aux dents du râteau, que la boulange arrivant au point le plus éloigné du centre du cercle décrit par l'instrument, parcourt une longue spirale avant d'arriver aux dernières dents *m*, *m*, disposées de manière à la pousser aux conduits *n*, *n*, ce qui lui donne le temps de se refroidir complétement.

Bluterie. Nous avons dit que le bluteau des anciens moulins n'était autre chose qu'un long sac en étamine continuellement agité par un mécanisme particulier.

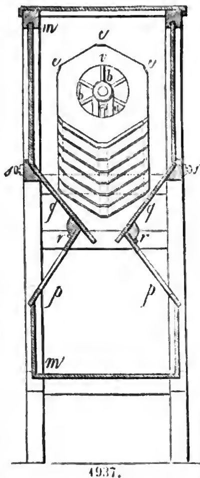
Cet appareil a reçu des modifications aussi grandes que toutes les autres parties des moulins.

1936.





Les fig. 1936 et 1937 représentent très bien le système de bluteaux généralement employés aujourd'hui. Un arbre en bois *a* porte des bras *b*, sur lesquels sont fixées de longues tringles en bois *c* formant les arêtes d'un prisme hexagonal. Des gazes de soie de différents degrés de finesse sont tendues sur cette espèce de carcasse. Le bluteau doit avoir 4m,00 de longueur et environ 0m,90 de diamètre; il tourne, avec une vitesse de 25 à 30 tours par minute, sur des tourillons en fer. La boulange est introduite par l'ouverture supérieure. L'appareil est renfermé dans un coffre en planches dont la partie inférieure est divisée en cases correspondant aux différentes qualités de farine. Les *soies* de Lyon, généralement employées pour les bluteries, ont environ 1 mètre de largeur. Les plus fines renferment environ 50 fils au centim. et les plus grosses seulement 10 fils dans le même espace. On dispose les premières à la partie supérieure des bluteaux, et les autres au bas. La dernière case reçoit des gruaux à remoudre. Les résidus qui n'ont pu traverser les soies sortent à l'extrémité inférieure de la bluterie. Une chaîne à godet, les reprend et les conduit à une bluterie particulière appelée *quintin*, recouverte d'une étoffe de laine et destinée à séparer les diverses issues, qui, suivant leur grosseur, leur poids et leur blancheur, portent les noms de gros son, petit son, recoupettes et remoulage. Quand la mouture est bien faite, le gros son ne doit peser que 18k l'hectolitre comble, le petit son 20k, les recoupettes 25 à 27k. Le poids des remoulages est très variable; il dépend de la qualité des blés et des procédés de fabrication. Ces différents produits, très recherchés pour la nourriture des bestiaux, offrent à l'agriculture de précieuses ressources dont on ne saurait trop apprécier l'importance.



1937.

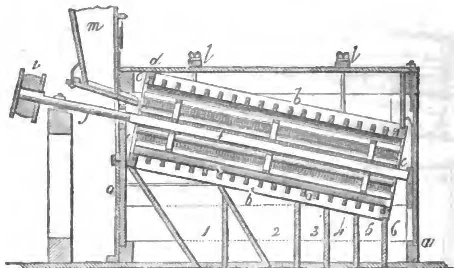
Dans les bluteries très bien montées, la farine ne s'accumule pas, comme l'indiquent les figures ci-jointes, dans les cases, elles tombent sur des toiles sans fin qui la conduisent directement à l'*ensacheur*.

Deux bluteaux de 4m,00, disposés comme celui que nous venons de décrire, suffisent au travail de cinq à six paires de meules à l'anglaise de 1m,20 de diamètre.

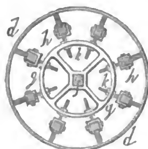
La fig. 1938 indique la disposition d'une espèce de bluteau très employé il y a quelques années, surtout dans la mouture à gruaux, pour laquelle il présente de véritables avantages. C'est un cylindre en toiles métalliques de différentes grosseurs, dans lequel tourne un système de brosses montées sur un tambour porté

par un arbre *f*, comme on le voit dans la fig. 1939 qui représente une coupe perpendiculaire à l'axe du cylindre. La caisse qui enveloppe cet appareil est d'ailleurs divisée en compartiments comme celle du bluteau précédent.

La purification des gruaux s'achève dans les usines où l'on s'en occupe spécialement, au moyen de sas à main, espèces de cribles légers (fig. 1940) dont le fond est garni d'une peau percée de trous très fins. Le maniement de cet instrument exige de l'adresse et de l'habitude. Il faut lui imprimer un double mouvement de rotation interrompue et de secousse que l'on n'obtient qu'après un long exercice. On traite à la fois, par ce moyen, 2k,500 de gruaux. C'est donc une opération longue et dispendieuse.

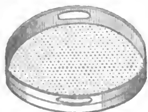


1938.



1939.

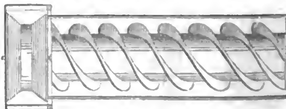
Appareils accessoires. Pour ne pas interrompre le fil de nos explications, nous avons omis la description de différents appareils accessoires sur lesquels nous allons revenir en peu de mots. Nous avons souvent parlé de mécanismes qui conduisent les différents produits de la mouture d'un point à un autre du moulin. Ces appareils sont très simples. Quand il s'agit de faire descendre la matière, il suffit de la laisser tomber dans un tuyau vertical ou fortement incliné. Pour imprimer au blé ou à la boulange un mouvement de translation horizontal ou peu incliné, on emploie une vis sans fin (fig. 1941), formée d'un arbre en bois et de palettes hélicoïdales tournant dans une auge cylindrique en bois, en zinc ou en fer-blanc. C'est une véritable vis d'Archimède à farine.



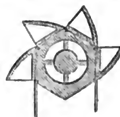
1940.

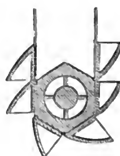
Enfin, quand il faut élever les matières, on emploie une chaîne à godets (fig. 1942), espèce de noria composée de petites hottes en cuir ou en fer-blanc montées sur une courroie ou une chaîne sans fin qui s'enroule sur deux tambours. Un de ces tambours doit recevoir du moteur un mouvement de rotation convenable.

Le rhabillage fréquent des meules rend nécessaire de les enlever et de les remettre souvent en place. Cette opération s'exécute facilement au moyen d'une grue mobile (fig. 1943). L'arbre vertical A s'engage dans des colliers disposés à cet effet dans le plancher et contre les poutres du plafond. La volée B fixée à ce pivot porte à son extrémité l'écrou de la vis D. On saisit la meule au moyen du demi-cercle en fer G; on l'élève au moyen de la vis; on lui fait faire un demi-tour, et on la dépose sur le plancher où le rhabillage doit avoir lieu.



1941.





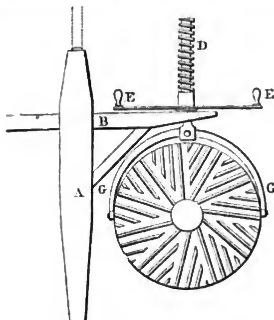
1942.

Le *monte-sacs* est un treuil que l'on fait embrayer à volonté avec un arbre moteur, soit au moyen d'un engrenage, soit au moyen d'une courroie lâche que l'on tend avec un rouleau à bascule, soit enfin avec une courroie qui passe facilement d'une poulie folle à la poulie fixée sur l'arbre du treuil.

On emploie dans les grands moulins, pour le transport des sacs, une petite brouette fort commode (fig. 1944). Les roues sont en fonte et tournent facilement sur l'essieu. En levant les bras de ce petit chariot, on introduit l'autre extrémité sous le sac, que l'on enlève ensuite

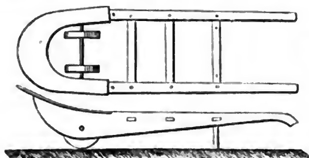
facilement en appuyant sur les poignées de la brouette.

Moulins portatifs. Toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour obtenir des moulins d'un poids peu considérable et mis en mouvement au moyen d'une



1943.

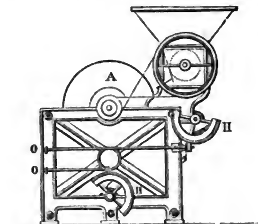
force peu énergique, n'ont produit aucun bon résultat. Les moulins à cylindres cannelés, à noix conique en fonte taillée, à meules verticales, etc., n'ont pu supporter l'épreuve de l'expérience malgré les pompeux prospectus de leurs inventeurs. Nous décrirons seulement le système de M. Nodler, qui nous paraît le



1944.

plus ingénieux de tous ceux qui ont été proposés. Mais, nous le répétons, on ne doit l'employer que dans les cas exceptionnels où il est *impossible* de faire autrement. Ce serait toujours une *fausse spéculation* pour un petit propriétaire de vouloir faire chez lui la farine nécessaire à sa consommation : c'est une de ces opérations où l'association est indispensable. Nous insistons particulièrement sur cette réflexion, parce que nous avons vu trop souvent des fermiers, séduits par les vaines promesses des inventeurs, se laisser entraîner à des dépenses absolument sans résultat.

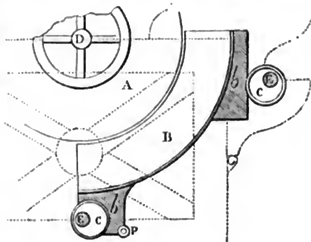
La mouture s'exécute dans les appareils de M. Nodler par la rotation d'une meule verticale en pierre A (fig. 1945), tournant dans un *gîte* concentrique de même substance. La disposition de ce gîte est ce que représente de remarquable la machine en question; elle permet de régler avec une grande précision et beaucoup de facilité l'écartement des pierres. La fig. 1946, dessinée à une plus grande échelle, fera comprendre cette partie du mécanisme. La meule courante A tourne invariablement autour de l'axe D sur lequel elle est fixée. Le gîte *b* est maintenu par deux excentriques *c* dont les arbres sont figurés en E. En faisant mouvoir ces excentriques, on voit que l'on peut faire varier comme on le désire l'écartement du gîte et de la meule courante. Les excentriques sont d'ailleurs commandés par les vis sans fin des tiges *o* (fig. 1945) qui engrènent avec les segments dentés montés sur leurs arbres. On comprend d'ailleurs que cette disposition



1945.

rend très facile la vérification du rhabillage; il suffit en effet de mettre un peu de couleur sur la meule courante et d'approcher jusqu'au contact le gîte : les points saillants se trouvent colorés et les autres ne le sont pas.

Il y a un dépôt des appareils que nous venons de



1946.

décrire au bazar de l'Industrie, boulevard Montmartre, à Paris.

Prix des moulins, force motrice, etc. Le prix d'établissement du mécanisme d'un moulin, forme anglaise, était de 6,000 francs par paire de meules, quand on a commencé à en établir, y compris la valeur de la roue hydraulique. Aujourd'hui les constructeurs livrent le mécanisme tout posé et la roue hydraulique, non compris le transport, pour 4,500 à 5,000 francs par paire de meules. Un meunier intelligent, qui voudrait organiser lui-même son moulin, pourrait l'obtenir à beaucoup plus bas prix encore, en établissant le beffroi en charpente et en maçonnerie, faisant construire sur les lieux toutes les pièces accessoires et n'achetant absolument aux fabricants que les roues dentées et autres grosses pièces qui ne peuvent s'obtenir qu'avec un outillage puissant. L'amortissement du capital engagé dans l'établissement d'un moulin construit dans ces conditions serait réalisé en quelques années par l'augmentation des produits.

La force nécessaire pour mettre en mouvement un moulin, forme anglaise, est d'environ trois chevaux-vapeur par paire de meules, qui moud, comme nous l'avons dit, 15 à 16 hectolitres de blé par 24 heures. Ces résultats sont assez variables : ils dependent de la perfection du mécanisme, de la nature des blés, et enfin de l'espèce des produits. Ainsi quelques moulins, qui ne fabriquent que des farines médiocres, font moudre plus de 20 hectolitres par 24 heures à chaque paire. Cependant on peut regarder comme une moyenne les nombres que nous avons indiqués d'abord et déterminer approximativement le nombre de meules à installer avec un moteur donné, en divisant par trois sa force exprimée en chevaux-vapeur. Quand le moteur donné sera une chute d'eau, il est bien entendu que ce ne sera pas sa *puissance absolue* (voyez ROUE HYDRAULIQUE) qu'il faudra diviser par trois, mais seulement le produit de la puissance absolue par le *coefficient* de l'effet utile du moteur à construire, c'est-à-dire par 0,70 pour la plupart des roues hydrauliques.

Expliquons ceci par un exemple :

Supposons qu'un cours d'eau fournisse par 1''.	1070 litres d'eau
Que sa chute soit de. . .	2 mètres
La puissance absolue sera de	2140 kilogrammètres.

Si nous supposons sur ce cours d'eau une roue hydraulique dont l'effet utile soit les 0,70 de la puissance absolue, nous voyons qu'elle nous fournira $2140 \times 0,70 = 1498$ kilogrammètres, ou bien $\frac{1498}{75} = 19,9$ chevaux-vapeur. En divisant ce dernier nombre par 3, nous trouvons pour quotient entier 6, qui est le nombre de paires de meules que l'on peut établir sur le cours d'eau proposé ; car il est toujours prudent d'avoir un petit excédant de force pour ne pas se trouver arrêté.

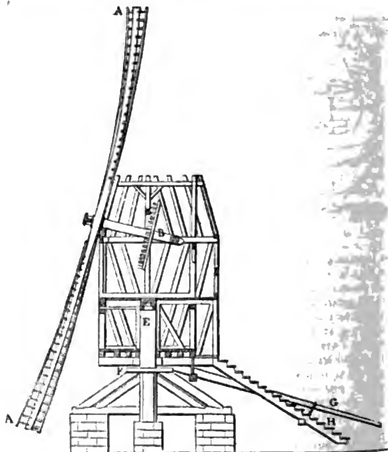
Nous allons donner à ces résultats une forme un peu différente, qui frappera davantage ceux de nos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec la valeur de la force du cheval-vapeur.

La consommation de blé en France est environ de 13.150.000 kilog. par jour. En supposant que l'hectolitre de blé pèse en moyenne 80 kilog., on trouve facilement qu'il faut au moins 3.081 chevaux-vapeur, travaillant jour et nuit, pour suffire à l'approvisionnement de nos marchés. On sait d'ailleurs que six chevaux pourraient à peine produire le travail d'un cheval-vapeur, de sorte qu'il faudrait 18.486 chevaux pour faire marcher nos moulins à blé. Enfin il faut environ 30 hommes pour remplacer un cheval-vapeur travaillant constamment, ce qui nous forcerait à employer 92.430 hommes à moudre nos blés, si tout autre moteur venait à nous manquer. L'application des chutes d'eau, de la force du vent ou de la vapeur à l'exécution d'un travail de première nécessité économise donc à la société une puissante armée de travailleurs, dont les efforts, sagement dirigés et appliqués à des travaux d'un ordre plus élevé, sont la source d'immenses produits. H. MANGON.

MOULIN A VENT. Les moulins à vent sont employés pour la mouture des grains, le sciage des bois, les irrigations, etc. Quoique le vent soit un moteur qui ne coûte rien et qui se trouve partout, on n'a guère recours à ces moulins que lorsqu'on ne peut pas faire autrement, à cause de l'irrégularité de leur action, le temps du chômage étant à peu près, dans nos pays, double de celui du travail.

On employait autrefois, et on voit encore dans quelques endroits, des moulins à vent dits à ailes horizontales, qui sont formés d'un arbre vertical portant des bras horizontaux, à l'extrémité desquels sont fixés des ailes formées, soit de demi-cylindres, soit d hémisphères ou de cônes creux en tôle, et tournés dans le même sens. La pression exercée par le vent sur une aile qui lui présentera sa concavité, sera double de celle qu'il exercerait sur sa projection, tandis qu'elle sera égale ou même inférieure à cette dernière pression, sur l'aile située à l'autre extrémité du diamètre passant par la première aile, et qui lui présentera sa convexité. Le moulin tournera donc toujours dans le même sens, en vertu de la différence de ces deux pressions, quelle que soit la direction du vent. Le grand désavantage de ces moulins consiste en ce que l'action du vent n'agit jamais que sur un peu plus d'une aile, ce qui force à donner à celles-ci un beaucoup plus grand développement que dans les moulins à ailes verticales.

Actuellement on se sert, pour ainsi dire exclusivement, pour la mouture des grains, de moulins à vent à ailes verticales obliques, dont la fig. 1947 donne une coupe verticale. Ces moulins consistent : 1° en un arbre tournant B, forte pièce en bois de 0m,50 à 0m,60 d'équarrissage, fixée au comble d'un moulin ; comme on a reconnu que les courants d'air agissent en plongeant sur la terre sous un angle de 8 à 15 degrés, on donne cette même inclinaison à l'arbre B ; 2° en deux volants d'environ 24m de long et de 0m,20 à 0m,30 d'équarrissage, fixés en croix sur la tête de l'arbre, et qui forment les quatre bras. A 2m environ du centre de rotation, chacun d'eux est traversé, perpendiculairement à sa longueur, par un barreau ou *latte*, de 2m de long, faisant un angle d'environ 30° avec le plan passant par les quatre bras ; puis, de 0m,40 en 0m,40 on place de pareils barreaux, mais en les inclinant de moins en



1947.

moins, de manière que celui qui est à l'extrémité ne fait plus qu'un angle de 12° à 6°, selon que l'arbre est plus ou moins incliné à l'horizon. Les bouts de lattes, de part et d'autre des bras, sont maintenus par deux autres pièces de bois; tout cet ensemble constitue une *aile* A du moulin. Par dessus, on étend la toile ou *voile* destinée à recevoir l'action du vent. Les voiles de ces moulins, par suite de la disposition des lattes, et quelquefois d'une légère courbure dans les bras, présentent une certaine concavité au vent qui augmente leur effet utile. Dans tous les cas, on doit toujours, lors du travail, *mettre le moulin au vent*, c'est-à-dire de telle sorte que le plan des ailes A, A, soit à peu près perpendiculaire à la direction du vent, ou que l'arbre B soit orienté suivant cette direction.

La charpente de la plupart des moulins à vent est en bois, et est établie au sommet d'un cône F (fig. 1947) en maçonnerie, qui porte une colonne centrale E, sur laquelle on fait pivoter le moulin pour le mettre au vent. A cet effet, des piquets sont plantés circulairement en terre, à quelque distance de la maçonnerie conique; on attache à l'un de ces piquets un cabestan portatif à bras, dont on fixe la corde à l'extrémité du long levier G, et en agissant sur le cabestan on amène le moulin dans la position voulue. H est l'échelle de meunier qui sert pour monter dans le moulin.

Dans les moulins à vent d'une construction soignée, le corps du moulin est fixe et forme une tour en maçonnerie, surmontée de rails en fer graissés, ou même garnis de galets, sur lesquels tourne la toiture en entraînant avec elle l'arbre et les ailes.

La fig. 1948 donne une vue du mécanisme intérieur d'un moulin à vent. R, est la meule gisante; O, la meule courante fixée au gros fer K, qui repose sur une crapaudine placée au centre de la meule gisante; le gros fer forme l'axe d'une lanterne H, qui engrène avec la roue à dents de côté D, montée sur l'arbre des ailes B. Lorsqu'on fait tourner la toiture seule pour mettre le moulin au vent, ce qui n'est d'ailleurs pas le cas de la figure, cette roue D, entraînée par le mouvement général, ne cesse pas d'engréner avec la lanterne H. Au lieu d'une paire de grandes meules de 2m à 2m,80 de diamètre, on préfère ordinairement employer deux à trois paires de petites meules de 1m,20 de diamètre, parce que, quand le vent est faible, on ne fait tourner qu'une de ces meules; dans ce cas, l'axe de la lanterne H communique le mouvement aux gros fers des meules par le moyen d'un engrenage facile à imaginer.

X Y, est un plancher qui sépare le moulin en deux chambres, lesquelles communiquent entre elles par l'échelle *q r*.

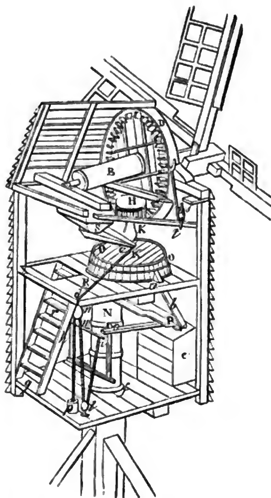
Le blé est versé dans une trémie S, d'où il s'écoule dans une *anche* pivotante S *c*, portant à son extrémité une cheville sur laquelle est passée une corde *c d*, qui sert à la secouer et à faire tomber le blé plus ou moins vite, selon la force du vent. De l'anche, le blé tombe dans un entonnoir placé au-dessus de l'œillard de la meule courante, passe entre les meules et descend à l'étage inférieur, par le conduit *a b*, dans le coffre *c*, où est le blutoir.

On fait varier l'écartement des meules au moyen d'un mécanisme assez simple. L'extrémité du gros fer porte sur une barre cylindrique qui traverse la meule gisante, et vient poser sur un levier qui repose par son extrémité sur le levier *o* P, lié à deux autres leviers *f g*, *h i*, dont les points de rotation sont en *f* et *m*, et dont le dernier est attaché, en *i*, à une corde *i l n p*, qui passe sur deux poulies de renvoi *l* et *n* et supporte un contrepoids *p*. En limitant le levier *h i*, dans la course ascendante de son extrémité *i*, on règle l'écartement minimum des meules.

Quand on veut arrêter le moulin, il suffit de serrer, au moyen du levier *t*, un frein qui commande la roue de champ D.

Avec un vent dont la vitesse est de 5m,8 par seconde, et un moulin des dimensions que nous avons données, les ailes font de onze à douze tours par minute, et l'on moud 400 à 450 kilogrammes de blé par heure.

On emploie souvent les moulins à vent pour élever l'eau, surtout pour les besoins de l'agriculture, pour les irrigations. Dans ce cas ce n'est pas le moulin hollandais, qui ne peut fonctionner que trois à quatre mois au plus par an qu'il convient d'employer, mais bien l'ingénieux moulin inventé par M. Amédée Durand, et qui peut marcher les trois quarts de l'année avec une vitesse à peu près constante, quelle que soit la force du vent. Ce moulin, qui se trouve décrit avec détails et figures dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour 1830, page 153, est à ailes verticales; son arbre horizontal porte une manivelle, qui donne le va-et-vient au piston d'une pompe; la tige de ce piston descend dans l'axe d'un tuyau de fonte, qui peut tourner sur des collets quand le vent vient à changer; car alors les ailes servent de girouette pour faire pirouetter le moulin, qui de lui-même vient se mettre au vent; les ailes prennent le vent par derrière. Il ne faut pas de bâtiment pour porter cet appareil; un simple mât dressé près du puits, et soutenu par des haubans, porte au sommet tout cet équipage, et pourtant tout est construit avec une solidité à l'épreuve des bourrasques.



1948.

Au lieu de voilures, les quatre ailes sont en tôle pleine; mais chacune peut tourner sur la vergue en fonte qui la traverse et partage sa surface aux 2/5e de sa largeur. Un ressort à boudin la retient contre l'action du vent, qui tend à la faire tourner sur sa vergue en vertu des forces inégales exercées sur les deux par-

ties de sa surface, dont l'une excède l'autre de 1/5e; cette action du vent est transmise à l'aile du moulin selon la loi voulue par son degré d'obliquité.

Quand le vent acquiert de l'impétuosité, la rotation des ailes s'accélère; mais un poids placé au bout de l'aile, participant au mouvement, agit par sa force centrifuge, et contraint l'aile à s'obliquer sur sa vergue, de manière à ne présenter au vent que très peu de surface, et même sa tranche dans les bourrasques : ainsi ce moulin modère de lui-même sa course. Un frein qu'on manœuvre du sol sert à l'arrêter tout à fait quand on le juge nécessaire.

Enfin, il y a un compteur qui, tous les cent tours, verse une goutte d'huile sur les points de friction. Ainsi, cet ingénieux appareil semble un être organisé pour accomplir ses fonctions et se suffire à lui-même, soit pour se diriger au vent, soit pour modérer son mouvement, soit pour entretenir les pièces en état. H. MANGON.

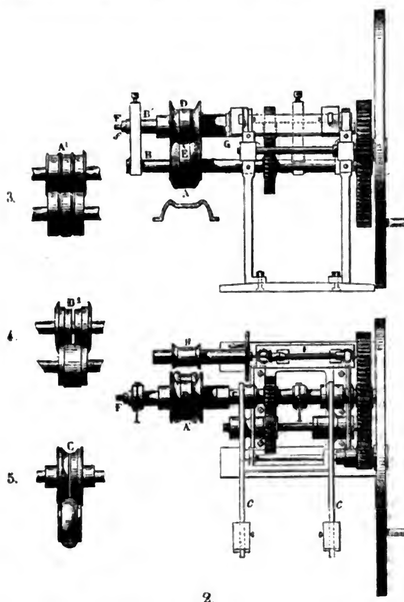
MOULINAGE DE LA SOIE. Voyez SOIE.

MOULURES EN FEUILLES MÉTALLIQUES. Une machine due à M. Roberts de Manchester sert à façonner en moulures rectilignes ou curvilignes de longues et étroites bandes de feuilles métalliques. Elle nous paraît offrir assez d'intérêt pour qu'on nous sache gré d'en donner ici la figure et la description. Elle se compose essentiellement (fig. 1) de deux arbres B, B' sur lesquels sont montées les espèces de molettes qui doivent former la moulure, et dont on parlera plus loin avec détails. Ce sont ces molettes qui donnent aux feuilles métalliques les formes voulues par une action de laminage.

L'un des arbres est supporté directement par le bâti de la machine et repose sur des coussinets fixes. L'autre est porté par un châssis muni de contre-poids qui tournent autour de l'axe de la roue dentée qui conduit cet arbre. De sorte que l'on peut faire varier à volonté l'écartement des arbres sans que les dents des roues d'engrenage cessent d'engrener à fond les unes avec les autres. Pour éviter la flexion et l'écartement des arbres pendant le travail, ils sont réunis à leur extrémité libre par une bride garnie de coussinets et à vis que l'on écarte ou que l'on rapproche selon le besoin.

La mollette inférieure E est d'une seule pièce, mais la mollette supérieure est formée par la réunion d'un plus ou moins grand nombre de disques métalliques dont l'ensemble, lorsque leurs faces planes sont amenées au contact, présente le profil voulu.

Le rapprochement des disques qui composent la molette s'obtient au moyen d'une vis logée dans l'intérieur même de l'arbre B' et qui presse sur les disques. On tourne cette vis successivement, à chaque passage de la feuille entre les molettes, de manière à obtenir leur rapprochement complet au moment du dernier passage.



2.

L'emploi des molettes formées de plusieurs disques offre l'avantage de pouvoir modifier lentement et successivement les formes du métal, pour l'amener enfin à son profil définitif, et d'éviter ainsi complétement les déchirures qui se produiraient inévitablement sans cette précaution.

Un troisième rouleau H (fig. 2), que l'on peut éloigner ou rapprocher à volonté, sert à donner aux moulures sortant des molettes le degré de courbure qu'elles doivent avoir.

Les fig. 3, 4 et 5 représentent à une plus grande échelle des molettes destinées à la fabrication de moulures de différentes formes. Les deux premières donnent les anneaux en cuivre jaune qui ornent ordinairement les dômes et les cheminées des machines locomotives.

MOUTARDE. Plante dont la graine, broyée avec du vinaigre, le plus souvent aromatisé, forme un condiment semi fluide très employé sur nos tables et dans nos cuisines, comme assaisonnement.

La graine de moutarde ordinaire, et surtout celle de moutarde blanche, sont très employées en médecine.

MOUTON. RACES FRANÇAISES; CHOIX; AMÉLIORATION. La laine est par excellence la matière première de l'industrie des tissus. Elle se prête admirablement à tous les caprices de notre imagination : elle se carde ou se peigne, se file, se tisse, se feutre, peut prendre toutes les formes et devient, selon notre gré, une étoffe lisse et brillante ou un drap souple et moelleux. Peu de corps se combinent aussi facilement avec les matières colorantes et conservent aussi longtemps les nuances brillantes qu'a créées l'art du teinturier.

Est-il nécessaire de rappeler que le mouton fournit à l'industrie son suif, sa peau, ses cornes, ses os, ses boyaux, pour expliquer le privilége qu'il a d'occuper une place dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, et faut-il dire encore qu'il fournit à l'agriculture un des plus puissants engrais et à l'art culinaire une de ses plus précieuses ressources; qu'il nous enrichit de tous les produits qu'il nous donne, car il les crée, en élaborant dans ses organes cette herbe courte et rare des terres stériles qui ne peut servir qu'à entretenir cette précieuse machine?

Le mouton dérive du mouflon, jadis si répandu sur les montagnes de l'Europe méridionale, mais il a été très profondément modifié par la domesticité, et il constitue aujourd'hui des races excessivement nombreuses et très distinctes les unes des autres.

On rencontre le mouton dans toutes les contrées habitées. Après la découverte du nouveau monde, il y a été importé, et les peuplades demi-sauvages qui l'ont substitué au lama, à la vigogne, ont agi plus sagement que nous qui cherchons à multiplier ces espèces bien dignes de rester sauvages.

Les anciens auteurs divisaient les races ovines d'après les provinces. Cette division, qui pouvait être bonne dans le principe, ne doit plus servir que de division secondaire, aujourd'hui que les tentatives d'amélioration, le régime de plus en plus uniforme dans tous nos départements et les croisements opérés partout avec les mêmes types, tendent à donner aux races la plus grande uniformité.

On a divisé aussi les moutons, d'après la longueur de la laine, en moutons à laine courte, frisée, propre à être cardée et employée à la fabrication des draps, et en moutons à laine longue, lisse, propre au peigne et à la fabrication des étoffes rases. Mais cette division n'est déjà plus possible de nos jours, car il existe entre les races anglaises, type des laines longues, et les mérinos, type des laines à carde, une infinité de races qui établissent, entre l'un et l'autre type, une transition insensible.

Sous l'influence de la nourriture abondante qu'on s'habitue à donner aux troupeaux, la laine s'allonge dans toutes les races; et les mérinos eux-mêmes, comme leurs métis, présentent aujourd'hui de nombreuses sous-races dont les toisons sont, pour les étoffes rases, infiniment supérieures à celles des moutons qui, pendant longtemps, ont été considérés comme exclusivement propres à alimenter la fabrication de ces étoffes. Les meilleures laines à peigne sont fournies, sans contredit, par le mérinos et ses dérivés.

N'oublions pas d'ajouter que les grands perfectionnements apportés de nos jours dans la préparation des laines, et qui permettent de peigner de la laine longue à peine de quelques centimètres, diminuent encore l'importance de cette distinction. (Voy. art. LAINES.)

CHAPITRE PREMIER.

RACES.

Nous examinerons successivement les moutons *à laine grossière*, les moutons *à laine commune*, les moutons *à laine intermédiaire*, les moutons *à laine fine* et enfin ceux *à laine superfine;* sans ajouter, cela serait inutile, que cette distinction qui facilite l'examen de nos moutons au point de vue industriel comme au point de vue de leur amélioration est loin d'être rigoureuse : dans toutes les races il se trouve des individus qui, soit par la finesse, soit par la longueur de leur laine, diffèrent de ceux que nous prenons pour type.

MOUTONS FRANÇAIS A LAINE GROSSIÈRE.

Nous trouverons dans cette catégorie les plus fortes et presque les plus petites races. Elles sont élevées dans des plaines très fertiles et un peu humides, ou sur les hautes montagnes; elles résistent mieux à l'humidité, craignent moins la pourriture que les races à toison fine.

Toutes ces races se distinguent par une laine grosse, longue, dure, roide et presque toujours disposée en mèches pointues et pendantes. Elle est, plus souvent que les autres qualités, ondulée, brillante et d'un aspect soyeux; elle ne convient que pour faire des lisières, des matelas ou quelques étoffes très grossières.

RACE FLAMANDE. Le type de cette race se trouve dans les riches contrées, sous le climat doux des environs de Dunkerque, de Bergues, d'Hazebrouck; elle s'étend en se modifiant au sud et à l'ouest du département du Nord et prend le nom de cambrésienne, vermandoise ou artésienne, selon la contrée où elle est élevée.

Les véritables flamands sont de très forte taille, ont les jambes longues et grosses, la tête très volumineuse et sans cornes, le chanfrein busqué et les oreilles longues, larges et renversées ou même pendantes; la laine est fortement jarreuse sur les ischions et à la queue; le corps est peu laineux et les membres sont couverts de poil court, roide, ainsi que la tête et la partie antérieure de l'encolure.

Ces moutons pèsent de 70 à 90 kil. et à la vue on croirait qu'ils pèsent encore davantage, à cause de la longueur de la laine et de la hauteur des membres : l'épaisseur du corps n'est pas proportionnée à l'élévation.

En s'éloignant de la Flandre, ce mouton diminue de taille; mais, quoique formant des races distinctes pour les habitants du pays, nous les réunissons dans le même article.

Le mouton flamand et ses dérivés a le corps trop élancé, les os trop gros, l'encolure trop longue, la tête trop forte et surtout la laine trop rude et trop grosse; il est fort, robuste, mais de difficile entretien et dur à l'engrais.

RACE PICARDE. Une partie des moutons qu'on trouve dans la Picardie doit être classée parmi ceux de l'Artois, de la Flandre, du Cambrésis, à cause de leurs formes, de leur tête nue et de leur laine; mais on élève aussi dans cette province des moutons plus petits, plus trapus, à corps plus laineux, à toison plus fermée, paraissant hérissée, et à laine moins longue, un peu moins dure : parmi ces animaux, il s'en trouve cependant dont la dépouille très grossière convient mieux pour faire des housses de collier que tout autre objet.

Ces moutons se trouvent dans le bassin de la Somme jusqu'à la mer; les plus mauvais sont chez les petits cultivateurs. Le mouton *brayant*, du pays de Bray, à encolure allongée, donne une laine plus fine que celle du Picard de la Haute-Somme

RACE ANGEVINE. Cette race renferme des moutons à taches jaunâtres sur la tête et les membres, forts de corps et à laine grosse, que nous trouvons dans la Normandie, le Perche, le Maine et l'Anjou.

Alençonnais, *Canais*, *Cotentins*, selon le pays d'où ils sortent : très forts, corps long, hauts de taille, tantôt à chanfrein droit, à tête médiocre, à front laineux; tantôt à chanfrein busqué, à oreilles fortes, même pendantes, à front nu; tous à laine grosse et longue, à corps peu laineux. Ces moutons sont par petits lots et souvent dans les herbages avec les bœufs à l'engrais. Vers le sud, vers la Mayenne, la race se transforme, devient plus petite. Dans les environs de Paris, on estime, pour les engraisser, les moutons du Merlherault, de l'Aigle.

Manceau. Plus blanc de figure que l'alençonnais, cependant avec des taches brunâtres sur la tête; oreilles grandes, pendantes; ventre et membres nus; long de corps; haut sur jambes.

Percheron. Souvent blanc, gros de laine, cou long, mince d'épaules, oreilles moyennes. Ce mouton est confondu quelquefois avec le précédent.

Angevin. L'Anjou est la contrée où ce mouton se trouve presque exclusivement. Sur la rive droite de la Loire, il est gros, mal fait de corps, peu laineux, à oreilles grandes, pendantes, à tête mouchetée de brun ; du côté de Craon, de Château-Gonthier, on en voit pâturer, attachés par deux avec un bâton.

Sur la rive gauche du fleuve se trouvent, avec la même race, des moutons bien faits de corps, à taille moyenne, à tête longue et comme arquée, toujours à laine très grosse et à mèches pointues. C'est le mouton *choletais*.

Dans l'Anjou, comme dans une partie du Poitou, dans le bocage de la Vendée, les moutons sont par très petits lots ; on les fait pâturer avec les vaches. De là le nom de *vachers* qu'on leur donne ; ils sont en bon état, bien soignés, quelques-uns très forts et rendent de fortes quantités de suif, parce qu'ils ont été longtemps engraissés.

MOUTON VENDÉEN. On l'appelle aussi *maraichin*. Il se trouve dans les marais de l'Ouest depuis la Loire jusqu'à la Charente. Cette race qui s'est formée après le dessèchement des marais est facile à reconnaître.

Taille moyenne, corps bien fait, tête conique, en général sans cornes, quelquefois à cornes longues, relevées ; chanfrein presque droit ; arcades orbitaires saillantes ; oreilles droites, épaisses sans être longues ; jambes et tête fortement tigrées, charbonnées, mouchetées ou roussâtres, on les appelle *pots roux*, quelquefois marquées seulement de légères taches brunâtres. Par leurs arcades saillantes, ces moutons, quand ils n'ont que de légères mouchetures brunes, ressemblent au bélier Dishley. Cette ressemblance témoigne en faveur d'une origine commune. On fait descendre le mouton vendéen des moutons du Texel, de la Hollande, de la Flandre, importés dans ces parages lors des premiers travaux de dessèchement. Nous savons que ces mêmes races introduites en Angleterre ont contribué à former les moutons à laine longue de ce pays. Dans la Vendée, ils ont dégénéré et même disparu en grande partie. Ceux qui ont résisté ont modifié la race du pays en se croisant avec elle.

Dans le mouton vendéen, la laine est grosse ou très grosse. Sur quelques individus elle est caniche et alors assez estimée dans le pays. La mèche est pointue et le corps peu laineux. On n'aime pas les pattes laineuses, parce qu'elles se chargent de boue.

La taille des grandes races importées s'est conservée dans quelques troupeaux. Les animaux ont alors la laine lisse, plus grosse ; mais très souvent aussi ils sont à côte plate, à dos tranchant.

La sous-race du Bocage est plus petite, conserve le même lainage et la tête fortement tigrée.

RACE BRETONNE. Peu soigné, le mouton breton n'a pas une grande valeur, et il est cependant nécessaire pour utiliser les terres stériles de cette province.

Nous en distinguerons deux variétés. Le mouton des landes, qui se trouve dans les cinq départements formés de la Bretagne, est très petit, à laine grosse, courte, souvent brune ou rousse ; à cornes fortes, en spirale souvent allongée.

Dans les environs de la mer, du côté de Tréguier, de Saint-Pol, au nord-ouest de la province, il prend plus de développement sans changer de nature : c'est le mouton du marais.

MOUTONS DE FAUX. Cette dénomination s'applique aux moutons que l'on élève sur le versant occidental et méridional du plateau central de la France, parce qu'on en conduit beaucoup aux foires de Faux. La laine en était considérée jadis comme intermédiaire, mais nous la classons aujourd'hui parmi la plus mauvaise, soit parce qu'elle a dégénéré, soit plutôt parce que, depuis l'introduction des mérinos, la majeure partie de nos moutons a été améliorée par rapport au lainage.

Ces animaux sont noirs, bruns, ou blancs avec des taches noires, ou d'un brun foncé sur la tête et les pattes ; souvent pourvus de grosses cornes à spires allongées ; à taille moyenne ou petite ; à laine longue, le plus souvent en mèches pointues ; brins très gros ou moyens, et mêlés à une grande quantité de jarre.

Ces moutons se rencontrent dans la Vienne, la Corrèze, la Dordogne, le Lot, le Cantal, l'Aveyron. On distingue la race du *Périgord* d'Excideuil, à œil roussâtre, à laine très grosse, à taille forte, estimée de la boucherie ; celle du *Limousin* de Saint-Léonard, laine plus variée, taille moyenne ; du *Quercy*, ayant une grande ressemblance avec celle du Limousin par la taille, mais à laine plus grosse, crépue. On appelle *moutons de Vallière* ceux qui viennent de l'ouest de la Charente ; ils sont souvent sans cornes.

Quoique fort nombreux, nous les avons trouvés depuis Limoges, en suivant par Tulle, Aurillac, Rodez et remontant vers Murat, dans le Cantal, ces moutons alimentent fort peu nos manufactures ; leur toison ne peut servir que pour faire des lisières ou ces étoffes rayées, grossières, appelées *limousines*, qui servent à confectionner ces petits manteaux usités dans les campagnes et que, dans quelques pays, on considère comme faits avec du crin, tellement ils sont grossiers.

MOUTON MARCHOIS. Tout petits, tout bas, à corps cylindrique, à tête fine ; blancs de figure, oreilles courtes, encolure ténue ; à laine longue, très grosse, à mèches pointues, ces moutons, appelés *bocagers*, *petits marchois*, sont magnifiques de formes, excellents pour la boucherie, mais détestables pour la laine.

MOUTON BOURBONNAIS. Corps cylindrique, long ; tête un peu busquée, ressemble au précédent, mais plus fort. Cette race s'étend vers le sud dans l'Auvergne. Sa laine est un peu plus hérissée, et un peu supérieure à celle des Marchois.

MOUTONS DES PYRÉNÉES. Sur la pente septentrionale des Pyrénées, de l'Océan à la Méditerranée, se trouvent des moutons assez hauts de taille, à jambes longues, à corps mince, à chanfrein très busqué, à grosses cornes ou sans cornes, à laine inférieure à la plus grosse des autres moutons français : elle ne diffère du poil des chèvres, avec lesquelles vivent les troupeaux, que par sa disposition en mèches longues, pointues, pendantes. La fabrique d'Elbeuf, qui confectionnait ses lisières avec des laines de la Picardie, fait venir aujourd'hui pour le même objet beaucoup de laines d'Oleron.

En suivant les montagnes de l'ouest à l'est, la laine devient moins mauvaise ; celle du mouton du Bigorre est préférable à celle des troupeaux d'Oleron, sans cesser cependant d'appartenir à la même sorte. Ces moutons se retrouvent dans les Pyrénées orientales et se mêlent avec la race du Roussillon dont ils ne seraient, a-t-on dit, qu'une dégénération : ils en diffèrent cependant beaucoup.

MOUTONS DES ALPES. Les lieux élevés, en France comme en Afrique, rendent la laine forte, nerveuse, longue, mais grosse, dure, jarreuse. La laine des Alpes a la plus grande analogie avec celle des Pyrénées.

Dans le siècle dernier, on comparait la laine des moutons alpinois à celle des moutons de la Hollande ou de l'Angleterre. De nos jours encore, elle est aussi grosse, plus roide, un peu moins longue, et surtout moins égale : en résumé, elle a moins de valeur.

La convenance des Alpes à nourrir des moutons varie selon leur élévation, leur pente et leur constitution géologique : il y a moins de moutons sur les hautes montagnes centrales de l'Isère que plus au nord, et

surtout que vers le sud, sur les plateaux calcaires de Gap.

Dans la Drôme et les Hautes-Alpes, la stratification de la marne et du carbonate de chaux forme des vallées qui fournissent, même là où le sol est trop crétacé pour être fertile, de l'herbe excellente pour le mouton : on y conduit, pour les y engraisser en été, des troupeaux des plaines du Rhône, du Vivarais, du Velay et même du Rouergue et du Quercy.

MOUTONS FRANÇAIS A LAINE COMMUNE.

La laine des races comprises dans cette section se distingue en ce qu'elle est, quoique grosse, plus ou moins ondulée, contournée, que la toison est comme hérissée à la surface, et que les mèches en sont peu distinctes. Quoiqu'il y ait des individus à laine mauvaise, on n'en trouve pas qui soient couverts de ce poil gros, dur, lisse, qui caractérise les races de la catégorie précédente.

Dans le siècle dernier, la laine de quelques-unes des races à laine commune était considérée comme très belle, mais la meilleure n'est pas même classée parmi les médiocres depuis l'extension des mérinos et leur emploi au croisement des races indigènes. La laine commune est propre à faire d'excellents matelas; elle entre dans la confection des bons tissus du commerce : on la mêle avec des laines étrangères fines, mais sans nerf, pour donner du corps aux étoffes. Nous trouvons les types de ces races dans le Midi. Elles varient beaucoup par leur taille et leur conformation.

RACES DU MIDI. *Mouton du Roussillon*. Nous donnons ce nom au mouton qui se trouve dans les contrées bornées au sud par les Pyrénées, à l'ouest et au nord par les Corbières, les Cévennes et les collines qui limitent le bassin de l'Aude.

Ce mouton descend du mérinos introduit en France par les Maures; depuis, il y a eu plusieurs essais de croisement entre les deux races qui ont contribué à conserver les qualités de la laine dans le mouton roussillonnais. Il est de taille moyenne, à toison belle, chargée de suint, à tête plus ou moins laineuse et généralement pourvue de cornes, même dans les femelles.

Le type de cette race se trouve dans quelques vallées, sur les terrains calcaires des Pyrénées-Orientales et de l'Aude; les belles variétés sont blanches, mais il y a beaucoup de moutons tigrés, tachés, charbonnés et même d'entièrement bruns, que les petits cultivateurs cherchent à conserver pour avoir des laines qui n'aient pas besoin de teinture.

Les plaines des Pyrénées-Orientales, de l'Aude, de l'Hérault, offrent des conditions tout à fait favorables à la production des belles laines. C'est à ces conditions qu'il faut attribuer la conservation des bons moutons dans ces contrées, quoiqu'on les eût négligés pendant bien longtemps. Carlier observait dans le milieu du siècle dernier que le mouton des Aspres (plaines des Pyrénées-Orientales) et celui de la Clape de Narbonne surpassaient en finesse les races d'Espagne dites aragones, andalouses et le cédaient peu aux ségovies.

Quand, après l'établissement des manufactures, on a mieux apprécié les belles laines, on a cherché à relever les races abâtardies du Midi.

En 1800, le gouvernement introduisit dans une ferme du département des Pyrénées-Orientales 334 brebis et 16 béliers des meilleures races mérinos d'Espagne. Cet établissement fut supprimé, en 1842, malgré la grande importance des mérinos pour la France, et pour la France méridionale surtout. Plusieurs particuliers ont fait des introductions de la même race.

Il y a aujourd'hui dans le Midi des troupeaux nombreux qui en conservent les qualités. Les cultivateurs qui ont tenu à l'ancienne race à cause de sa sobriété, et qui n'ont pas voulu introduire le type mérinos, l'ont croisé avec les bêtes indigènes. Ainsi se trouvent améliorés la plupart des troupeaux du bassin de l'Aude et de celui du bas Rhône.

Moutons de la Gironde. Nous mentionnerons ici les moutons élevés dans la partie occidentale du grand bassin situé au nord des Pyrénées, quoiqu'ils diffèrent beaucoup de ceux qui se trouvent à l'est : ils sont moins fins de laine et ne forment aucune race bien distincte. Le mouton de Béarn s'améliore facilement par le croisement avec le mérinos, écrivait-on dans le dernier siècle.

La société d'agriculture de Bordeaux s'occupe beaucoup depuis plusieurs années de l'introduction du sang anglais dans les troupeaux indigènes. Les anglo-mérinos peuvent être utiles au point de vue des formes et même du lainage. Ce pays doit au voisinage de l'Océan un climat plus favorable que ne semble le comporter sa latitude.

Mouton provençal. Cette race, pure ou croisée avec le mérinos, fournit les laines si connues dans le commerce sous le nom d'artésiennes. M. Lulin de Châteauvieux l'a depuis longtemps signalée à cause de sa laine tassée et longue, précieuse par sa force pour la fabrication des draps de soldat. « La viande du mouton provençal est d'une qualité rare, dit le même auteur, à cause des plantes salées des bords de la mer, » et de l'émigration sur les montagnes pendant l'été, ajouterons-nous.

La principale variété de cette race se trouve dans les plaines de la Crau et dans la Camargue. La Crau fournit une herbe fine, de bonne nature qui, quoique très peu abondante, nourrit beaucoup à cause de la nature et de la sécheresse du sol. Dans le delta du Rhône, les conditions ne sont pas les mêmes, l'humidité y domine; mais le voisinage de la mer, le sel contenu dans les plantes en neutralisent les effets en partie.

Dans les plaines éloignées de la mer, la sécheresse se fait plus vivement sentir et les animaux sont plus petits, de même que la laine devient plus grosse à mesure qu'on s'élève sur les montagnes. Les moutons d'Istres, du côté d'Aix, les moutons de Verne, des montagnes du Var, sont inférieurs à ceux des plaines qui avoisinent le Rhône.

Les plaines de la Provence sont admirablement disposées pour nourrir des troupeaux pendant l'hiver, pour fournir une bonne nourriture dans la saison des pluies, mais, en été, elles sont desséchées et seraient incapables de soutenir les animaux qui alors pâturent sur les Alpes : les propriétaires des montagnes et ceux des plaines se rendent des services réciproques.

Le mérinos a été importé depuis longtemps dans ces contrées si remarquables pour l'entretien des moutons et la production des laines. Nous le trouvons là où des conditions plus favorables de nourriture permettent de satisfaire ses exigences plus grandes. Dans le delta du Rhône, dans la Crau, ces conditions s'étendront à mesure que les assainissements et les irrigations enrichiront le pays et rendront les cultivateurs moins dépendants des influences naturelles.

Mouton du Dauphiné. Les moutons des plaines basses ont la plus grande analogie avec ceux de la Crau. Nous les trouvons depuis le département de Vaucluse jusqu'au confluent du Guiers; on les regardait anciennement comme d'origine espagnole; les plus remarquables se trouvaient entre Hauterives et Romans, la laine en était fort estimée et comparée à celle de Ségovie.

Mais dans le Dauphiné, depuis la Suisse jusqu'à la Drôme, nous trouvons des conditions plus variées que dans la Provence : les plaines rocailleuses, les galets de la Drôme, du Rhône, sont peu favorables à la pousse des plantes, tandis que les plaines marécageuses de Bourgoin sont insalubres pour le mouton.

Moutons des Cévennes. Nous appelons ainsi les mou-

tons qu'on entretient sur les plateaux calcaires qui s'étendent, presque sans discontinuer, des rives du Gard jusqu'à Sainte-Affrique, et se dirigent ensuite vers le nord jusqu'à Mende. Le Gévaudan forme une grande partie de ce pays. Nous les trouvons du côté de Ganges, de Bédarieux, de Saint-Pont, de Lodève, de Milhau, de Séverac, de Florac, jusqu'à la montagne appelée Palais-du-Roi. Vers le sud, ils s'étendent jusqu'aux moutons roussillonnais, avec lesquels ils ont de l'analogie. Nous pouvons appeler type les animaux de forte taille, ramassés, à laine longue peu chargée de suint, des plateaux du Larzac et du Gévaudan.

Les troupeaux des Cévennes ont été toujours fort estimés pour leur viande. « Les moutons gras de la plaine de Ganges en Languedoc, disait il y a un siècle bientôt Carlier, sont d'un prix bien supérieur à ceux du Riveral et de la Solanque (partie du Roussillon où l'on produit des moutons de pré salé) par leur goût délicat qui est le mérite de leur chair, et la fait rechercher comme un mets rare et exquis. »

Ces animaux n'ont rien perdu de leur ancienne renommée, et ceux de quelques autres parties des Cévennes peuvent leur être comparés quand ils ont été bien engraissés : on trouve dans le Midi, et la meilleure, et la plus mauvaise viande de mouton : la plus mauvaise, parce qu'on laisse trop vieillir les brebis et qu'on ne les engraisse jamais suffisamment.

Dans les Cévennes, la laine jadis renommée a relativement moins de valeur de nos jours. La grande amélioration opérée par les mérinos sur nos moutons ne s'est pas fait sentir dans ce pays, qui serait susceptible cependant de produire de belles toisons; mais les habitants sentent peu l'importance d'améliorer leurs troupeaux à ce point de vue. Comme ils tirent un grand profit du lait, ils craindraient d'altérer les qualités laitières de leurs brebis en alliant leur race avec une race étrangère : le lait, dans les environs de Milhau, de Sainte-Affrique, etc., sert à confectionner le fromage si justement estimé de Roquefort. D'ailleurs les mérinos exigent une nourriture plus copieuse que celle fournie par les plateaux calcaires du Gévaudan et du Larzac; aussi plusieurs cultivateurs, qui avaient essayé l'amélioration par le sang espagnol, ont-ils été sans imitateurs.

Moutons du Rouergue. Divisés en moutons *du Causse* ou des pays calcaires; et en moutons *du Segala*, ou des pays granitiques.

Mouton du Causse. Corps long, haut monté sur jambes; garrot pointu, côte plate; cuisses minces; tête forte, busquée, sans cornes. Cette race qui descend d'un ancien croisement avec celle de la Flandre est dure à l'engrais. Depuis quelques années, elle s'améliore : les cultivateurs recherchent une tête courte, petite, laineuse; une charpente moins longue et plus trapue, et obtiennent des moutons plus épais.

Mouton du Ségala. Bocager, petit, tête pointue, laine plus fine, souvent caniche frisée, contient plus de suint que celle du Causse et rend moins au lavage; race sobre et d'un engraissement facile.

La laine du Rouergue est forte, assez brillante, plate mais ayant beaucoup de nerf. Cette laine est travaillée à Lodève, Castres, Mazamet, pour fabriquer des draps pour la troupe. On mêle les deux qualités, ou on mêle celle du Causse avec celle du Roussillon, ou avec de la laine mérine de qualité secondaire.

L'émigration des troupeaux, qui a si puissamment contribué à la conservation des mérinos espagnols, est largement pratiquée dans le midi de la France. Les moutons passent l'hiver dans les plaine et l'été sur les montagnes. Mais ce déplacement, qui ne s'opère qu'après des conventions faites par les deux parties, n'a pas pour notre agriculture les inconvénients que la transhumance a eus pour l'agriculture espagnole.

En France, il est avantageux pour le propriétaire des montagnes comme pour celui du troupeau. Le premier, qui souvent a de très longs hivers à passer et qui ne peut pas récolter de fourrages en été, y trouve le moyen de faire consommer ses pâturages; l'autre peut avoir un troupeau considérable relativement à l'étendue de ses terres, à cause de la facilité qu'il a de le nourrir avec économie pendant la saison des sécheresses.

Après avoir vu pratiquer ce système sur les Alpes et les Pyrénées, comme en Auvergne et dans les Cévennes, nous ne saurions partager l'opinion de ceux qui le blâment, sous prétexte que les propriétaires des montagnes auraient plus d'avantages à faire consommer leurs herbages par des troupeaux leur appartenant.

Sur les très hautes montagnes, il n'est pas possible de nourrir de nombreux animaux pendant l'hiver; les propriétaires des pâturages auraient donc à acheter leur cheptel au printemps et à le revendre en automne. Il arriverait souvent que des moutons et des vaches se vendraient moins à la Saint-Martin qu'ils n'auraient coûté au printemps : les animaux ne payeraient pas leur estivage.

Si quelquefois, avec le système actuel, les montagnes rapportent moins que les troupeaux, combien de fois aussi le propriétaire des animaux a-t-il moins de profit que celui des pâturages?

Comme dans toutes les transactions libres, qui s'exécutent depuis longtemps, les chances sont parfaitement connues, et les marchés se font le plus souvent dans l'intérêt des deux parties.

L'émigration est favorable au point de vue de la santé et des qualités de la viande : le pâturage sur les montagnes pendant l'été conserve les animaux et peut même les guérir de la pourriture ou arrêter les progrès de cette maladie, quand elle n'a pas fait trop de ravages; les moutons qui émigrent sont estimés pour leur viande dans les contrées où l'émigration est pratiquée.

RACES DE L'EST. Nos frontières de l'est et du nord-est renferment plusieurs races indigènes, mais de peu d'importance. Les meilleures contrées ont amélioré leurs animaux par le sang mérinos. Nous mentionnerons cependant le mouton *de la Bresse*, *du Bugey*, petit, pourvu de cornes, à laine grosse, souvent brune; les lots de quelques parties de la *Franche-Comté* et de la *Haute-Marne*, à tête nue, à laine longue, mal soignés en général, et souvent affectés de la gale; le mouton des *Vosges* et *de la Lorraine*, petit, cornes fortes; laine droite, souvent brune; l'*ardennais* à corps petit, peu laineux, souvent à laine rousse, qu'on remplace de plus en plus par le mérinos; enfin le *champenois*.

La Champagne est une des provinces les plus intéressantes à étudier au point de vue de la production des laines, et nous en parlerons en traitant des laines fines et des intermédiaires; l'ancienne race ovine a presque complètement disparu; on n'en trouve plus que quelques petits lots chez les journaliers, dans les plaines crayeuses et stériles du côté de Sommesous, Sompuis, Marigny, etc.; ils sont de très petite taille, anguleux, à tête assez fine, nue ainsi que les membres et le ventre, et à laine grosse. Les propriétaires de ces animaux ont peu d'intérêt à les améliorer, parce qu'ils consomment la laine pour leur usage, et que toute ressource manque dans une contrée exclusivement crayeuse.

RACE DU POITOU. Très haut monté sur jambes, long; garrot assez épais mais dos ensellé; tête longue, sans cornes, couverte, ainsi que la face inférieure de l'encolure, de poil court et lisse; jambes nues; laine dure, longue, mais à mèches peu distinctes, à toison comme hérissée. Deux variétés.

Mouton gâtineau. Corps grand, long, lourd; jambes très longues; extrémité postérieure de la croupe dégarnie de laine comme le cou; oreilles grandes, pendantes. Se trouve dans la Gâtine, du côté de Saint-Maixent, de La Mothe.

Mouton poitevin. Plus petit; corps mince, peu lourd; oreilles étroites et cependant souvent pendantes; élevé dans le haut Poitou et dans les contrées peu fertiles depuis le département de la Vienne jusqu'à celui de la Charente.

Même les bouchers qui en achètent fréquemment, prennent de petits gâtineaux pour des poitevins et de forts poitevins pour des gâtineaux.

Les moutons du Poitou ont de la bonne viande, et ils sont cependant peu estimés dans les bonnes boucheries, à cause de leurs membres trop longs; les gigots paraissent décharnés; on préfère les moutons plus petits qu'on tire du côté du Berry et qu'on appelle *moutons de bruyère, moutons de brande*.

RACE BERRICHONNE. Petite race, à corps bien fait; à tête fine, sans cornes, dépourvue de laine; à os légers et à membres grêles. D'après la laine et la conformation on y distingue plusieurs espèces.

Mouton de Champagne. On le trouve dans la partie du Berry nommée la Champagne, au nord de Châteaudun, entre l'Indre et le Cher; il est très petit, à tête fine, nue, ainsi que les jambes; très sobre, facile à engraisser et fournit une excellente viande.

Mouton de Brion. On le trouve du côté de Levroux, sur les bords de l'Indre; il est un peu plus fort de taille que le précédent. Avant l'introduction du mérinos, la laine de ce mouton était considérée comme de première beauté; elle est encore d'une assez grande finesse et conserve cette qualité, même après le croisement avec des races inférieures à cet égard. La contrée favorise la finesse du lainage.

Mouton de Crevant. Il est élevé dans la vallée de la Creuse, du côté d'Argentan, de La Châtre, etc., et conduit aux foires de Crevant; plus petit du côté de Châteauneuf, de Dun-le-Roi, on l'appelle *bocager*.

On fait descendre le mouton de Crevant d'une race anglaise, la race Dishley. Il a la tête assez souvent tachée, mouchetée et nue, ainsi que les jambes et le dessous du cou, le corps long, assez fort, le garrot épais, et il est remarquable par son aptitude à s'engraisser. On le recherche comme reproducteur pour améliorer les autres sous-races de la contrée. La laine en est grosse et dure, on dit que le pays la grossit. A tort, on tient peu à l'améliorer à ce point de vue.

Mouton nivernais. Il appartient à une sous-race berrichonne élevée sur les plateaux calcaires compris entre le Cher et la Loire, du côté de Bourges, Villequier, Sancerre, et, sur la rive droite du fleuve, du côté de Nevers, La Charité jusqu'à la Puysaie. Il ressemble au mouton de Crevant, mais il a la tête laineuse, pourvue d'un toupet et la laine moins grosse. Il se mêle, se croise, d'un côté, avec le solognot, de l'autre, avec le mouton de Champagne. On trouve souvent, dans les autres sous-races, des moutons à tête un peu laineuse; il y a beaucoup de croisement mérinos au nord-est de Bourges. Les caractères du sang espagnol sont très inégalement imprimés sur la race indigène.

MOUTONS DE LA SOLOGNE. Pour la taille et les formes, le mouton solognot ressemble beaucoup au berrichon, et même au petit berrichon de la Champagne; il est très petit, ou de taille presque moyenne, selon la fertilité du pays où on l'élève; il est souvent roussâtre sur la tête et les jambes : ces parties sont nues. La laine est grosse, longue et à mèche pointue, un peu frisée, vrillée au sommet.

Les plus petits se trouvent du côté de Romorantin, Nonant-le-Fusilier, sur les landes; ils prennent du corps en se rapprochant de la Loire, de Blois dans la Gâtine, du côté de Montargis, d'Orléans.

RACES MÉTIS ANGLO-FRANÇAISES. Nous appelons ainsi les produits des croisements des béliers Dishley, New-Kent et Southdown, avec les anciennes races françaises. Ils sont aujourd'hui fort variés en France. Ils ont tous à peu près les mêmes caractères; sont à corps épais, exigeants pour la nourriture, paresseux, précoces, graisseux et à laine forte, ondulée, souvent roide. Nous parlerons seulement de ceux du Berry et de la Flandre.

Mouton anglo-berrichon. Plus petits que les races anglaises, ces métis sont plus forts que les moutons indigènes. Ils laissent peu à désirer pour les formes : ils ont le garrot épais, le dos soutenu, et la tête, l'encolure peu developpées. On reconnaît le sang anglais au corps qui se rapproche plus de la forme cylindrique que celui des indigènes et à l'épaisseur du garrot; les descendants du Southdown se reconnaissent aussi à la face et aux jambes qui sont noirâtres ou marquées de taches noirâtres assez nombreuses, et ceux du Dishley à de légères taches bleuâtres aux oreilles et aux naseaux; ces derniers ont en outre les arcades orbitaires fortement saillantes et les oreilles fines.

La laine des métis Dishley et des New-Kent est grosse, rude, souvent cotonneuse, inférieure à celle des animaux indigènes. Tous les anglais donnent plus de finesse avec les brebis de Brion qu'avec celles des autres sous-races berrichonnes.

Ces croisements sont anciens dans le Berry et le Nivernais. Des Anglais les ont commencés dans la Nièvre il y a une trentaine d'années. Partout on obtient à peu près les mêmes résultats : on a des produits plus ou moins forts selon la manière dont on nourrit. Depuis plusieurs années, les métis de M. Malingié sont distingués comme très remarquables au concours de Poissy.

Les anglo-berrichons ont une grande aptitude à prendre jeunes la graisse, mais la laine est souvent inférieure même à celle des moutons anglais; il faut chercher, et cela sera facile, à la rendre plus douce par l'emploi de reproducteurs ayant du sang mérinos en suffisante quantité.

Mouton anglo-flamand. Nous plaçons dans cette catégorie les produits du croisement des béliers New-Kent et Dishley avec les brebis flamandes, artésiennes et picardes. Ces animaux assez répandus dans les départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme et de l'Aisne, diffèrent peu les uns des autres. Les produits du New-Kent sont plus longs et à dos moins bien soutenu, mais à laine ordinairement plus douce.

Plus trapus que les indigènes, ils ont tous la tête plus fine, le chanfrein moins busqué, le corps plus épais, plus près de terre et plus lourd, quoique paraissant plus petit. Ils sont plus précoces et plus disposés à prendre la graisse.

Au point de vue de la laine, ils sont encore défectueux; cependant on ne trouve pas, parmi les métis, de ces toisons à mèches pointues, pendantes et à brin lisse, roide, si communes dans les grands moutons du Nord. Toutefois, par l'emploi de reproducteurs anglo-mérinos bien choisis, déjà employés du reste, on pourra améliorer la laine autant que le climat du Nord le comporte.

MOUTONS FRANÇAIS A LAINE INTERMÉDIAIRE.

Ces moutons proviennent du croisement du mérinos avec les races indigènes et avec les races anglaises. La laine est moins fine que celle des mérinos mais plus longue; plus douce et plus fine que celle de nos anciennes races. La toison est fermée et s'étend sur la tête et les jambes. La mèche a acquis, depuis ces derniers temps, beaucoup de longueur par les croisements

et par le régime plus substantiel auquel on soumet les troupeaux. C'est tantôt le caractère mérinos qui domine, tantôt le caractère des races françaises, mais généralement le premier. La laine, bonne pour la draperie commune, est excellente pour la fabrication d'étoffes de fantaisie d'une immense consommation.

Les moutons à laine intermédiaire, connus sous le nom de *métis-mérinos* ou simplement de *métis*, se rapprochent de nos races par leur sobriété et leur rusticité. Nous en avons qui fournissent de 20 à 30 kilogrammes de viande nette et de 4 à 6 kilogrammes de laine; tandis qu'il en est d'autres dont les quatre quartiers pèsent à peine de 8 à 12 kilogrammes et la toison de 1 à 2 kilogrammes.

Dans les boucheries, on place les métis avant les mérinos, mais après les anciennes races françaises.

MOUTON BEAUCERON. L'ancienne race de la Beauce et de la Brie a complétement disparu; à peine en trouve-t-on quelques débris dégénérés sur les limites de ces provinces. Mais tous les troupeaux des grandes exploitations d'Eure-et-Loir, de Seine-et-Oise, de Seine-et-Marne ont été modifiés ou remplacés par le mérinos. C'est un magnifique métis, ayant beaucoup de sang espagnol, qu'on considère de nos jours comme mouton beauceron.

Il est à corps trapu, ramassé, peut-être un peu court et quelquefois ensellé; à garrot trop sorti, à ventre un peu gros; à tête forte, busquée, à cornes en spirales; à peau lâche et formant des fanons, ou lisse; à laine couvrant le ventre, les jambes jusqu'aux onglons, et la tête jusqu'à la bouche; mèche carrée, toison fermée, noire à la surface; finesse du brin moyenne, et du reste variant beaucoup; la mèche a beaucoup augmenté en longueur depuis quelques années, et en même temps qu'elle devient longue, les défauts du mérinos, les fanons, la grosseur de la tête, le resserrement des côtes tendent à disparaître.

Ces moutons sont remarquables par leur poids, l'abondance et la qualité de leur laine; mais ils sont exigeants pour la nourriture : les fermiers des environs de Paris, qui achètent au printemps des moutons pour les engraisser et faire parquer leurs terres, préfèrent des moutons de toute autre provenance.

MÉTIS BOURGUIGNONS. La partie de la Bourgogne qui avoisine la Champagne est riche en bêtes à laine : quoique exposés à la sécheresse pendant l'été, les plateaux calcaires des départements de l'Yonne, de la Côte-d'Or sont très propres à l'entretien des moutons à laines fines. Cependant l'importance donnée à la fabrication des étoffes rases et la concurrence des étrangers pour les laines fines, qui coûtent peu de port relativement à leur valeur, engagent beaucoup d'éleveurs à porter leurs efforts vers la production des gros moutons et des fortes toisons.

Quelques personnes regrettent qu'il en soit ainsi, mais en considérant l'immense utilité des belles laines intermédiaires et la rareté de la viande, nous ne saurions partager leurs regrets.

Dans la partie occidentale de la province, nous trouvons des moutons qui, par leur taille et leurs formes, peuvent être comparés aux briards et aux beaucerons. Les environs de Sens fournissent de forts animaux assez recherchés par la boucherie; les métis de la Bourgogne font bien, quand ils sont conduits maigres chez les cultivateurs des environs de Paris.

MÉTIS CHAMPENOIS. Il est aussi varié que le sol qui le nourrit. Dans le commerce, on donne même le nom de champenois à des métis qui viennent du côté de Soissons, réservant la dénomination de picards aux animaux à laine grossière.

Le métis champenois de forte taille et bon de laine a de la ressemblance avec le beauceron. Le corps est plus élancé, la toison moins colorée à la surface et la finesse de la laine plus variée. On remarque souvent une tache brune sur la lèvre supérieure.

MOUTONS SOISSONNAIS. Dans la Picardie, l'Ile-de-France, les moutons sont plus gros de laine. On en trouve cependant dans le Soissonnais qui diffèrent peu de ceux de la Beauce, mais ils sont en général moins uniformes : dans quelques troupeaux, la laine ne diffère pas de celle des mérinos; dans d'autres, elle est plus longue, a moins de douceur et la peau est tendue sans fanons. On reconnaît encore les caractères de la race flandrine dans divers troupeaux au volume du corps plus élancé, à la laine plus longue, plus dure, et aux oreilles larges et renversées, sinon pendantes. Quelques lots de ces animaux démontrent, par leurs formes carrées et leur laine longue et assez fine, la possibilité d'améliorer les moutons artésiens en réunissant sur les mêmes animaux une bonne laine intermédiaire à beaucoup de viande.

L'ancienne race picarde disparaît, se mêle au mérinos et s'améliore beaucoup, quoique donnant plus gros de laine que le vrai soissonnais. Les métis picards-flamands-mérinos, ont tous de fortes toisons et des mèches longues, mais souvent avec trop peu de caractère mérinos. La laine est forte, résistante, nerveuse, dure et manque de finesse.

MOUTONS DE CAUX. Dans la haute Normandie, le Vexin, les métis sont nombreux, souvent fins de laine, et donnent beaucoup de viande; ils se mêlent : à ceux de la Beauce par le département de l'Eure, à ceux de la Brie par le département de Seine-et-Oise et aux soissonnais par le département de l'Oise.

MÉTIS DU CENTRE. La laine du Berry était considérée par les anciens comme de première qualité. Les gens de condition stipulaient dans les contrats de mariage, nous apprennent les *Instituts consulaires* de Jean-Toubeau, qu'on donnerait une robe de drap de fine laine du Berri à la future épouse. Dans quelques troupeaux, ce produit a éprouvé cependant de grandes améliorations, par les croisements avec la race mérine. Les métis sont à corps plus laineux, à formes assez élancées, à toison fermée et à laine plus fine, plus douce que celle de la race indigène.

Du reste, c'est la province où les métis offrent les plus grandes différences; si quelques-uns ressemblent presque à des mérinos, il en est aussi qui n'annoncent le sang espagnol que par une toison un peu plus unie à la surface et un peu plus avancée sur le front et sur les pattes.

MÉTIS ANGLO-MÉRINOS. Les brebis mérinos ont été croisées sur une assez grande échelle avec le bélier New-Kent et surtout avec le Dishley. Nous ne parlerons que des produits de ce dernier. Mieux conformés que ceux qui descendent du New-Kent, ils ont le dos mieux soutenu, la tête plus petite, l'oreille plus courte, plus fine, mais par leur laine souvent plus grosse, du moins au premier croisement, ils appartiennent à la section des races à laine commune. Les légères taches noirâtres des oreilles, du nez, la finesse des oreilles, la proéminance des arcades orbitaires qui distinguent les Dishley se retrouvent dans leurs descendants.

Si les métis demi-sang appartiennent par la dureté, la grosseur de leur laine, aux moutons à laine commune; s'ils ont le brin gros, droit, souvent brillant, ondulé comme le Dishley; si la toison en est peu fermée; si la tête et les jambes sont nues, ils tiennent également beaucoup de l'anglais par leurs formes et leur précocité.

Mais si l'on fait entrer dans les produits une plus forte quantité de sang mérinos, que l'on fasse couvrir les brebis mérinos par des béliers demi sang, les métis trois quarts mérinos qu'on obtient alors donnent d'excellente laine intermédiaire. Ils sont à corps laineux, à toison tassée, fermée; à brin fin, uni et assez long

pour fournir de la très belle laine propre au peigne. Ils conservent cependant encore les formes, la mollesse, la précocité des races de boucherie; mais ces qualités sont tempérées par plus de vigueur, plus de rusticité et d'aptitude à supporter les chaleurs et les longs parcours.

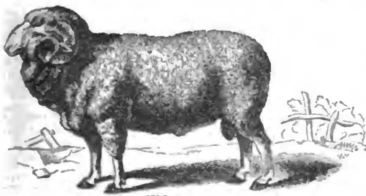
Pendant longtemps nous avions cru que ce croisement pouvait seul donner à la laine des mérinos, sans la rendre grosse et dure, la longueur que réclament certaines manufactures; mais des métis mérinos beaucerons, soissonnais, champenois obtenus en grand nombre depuis quelques années donnent des toisons qui ont tous les caractères de la laine Dishley-mérinos avec peut-être plus de finesse.

MOUTONS FRANÇAIS A LAINE FINE.

Nous trouvons dans cette catégorie le type mérinos, quelques-unes de ses sous-races ou variétés, et quelques métis renfermant une très forte proportion de sang espagnol. Toutes ces races se ressemblent et surtout exigent les mêmes soins : la laine en est fine, douce, sert à la belle draperie et à la fabrication des étoffes de fantaisie de choix.

MÉRINOS. L'histoire des mérinos introduits plusieurs fois dans le Béarn et le Roussillon au commencement du siècle dernier; à Rambouillet, en 1786 et en 1801; à la bergerie de Perpignan, en 1800, est trop connue et n'offre pas un intérêt assez direct pour mériter une place dans cet ouvrage. Occupons-nous de leurs caractères et de leurs défauts, de leurs améliorations, et de leur emploi pour améliorer les races indigènes.

De taille très variée, le mérinos a un corps trapu, des membres forts et une tête grosse, à chanfrein busqué; ses cornes sont grosses, anguleuses et forment des spires très rapprochées : elles manquent quelquefois, et c'est une qualité (fig. 1).



1.

Sa laine est remarquable, fine, douce : le brin est en zigzags rapprochés; les mèches sont terminées en pointes spiroïdes, c'est un défaut, ou carrées et formant des prismes réguliers. La surface de la toison est bien fermée, noire, sale ; mais l'intérieur, garni d'un suint abondant, est blanc ou jaune : on préfère la laine à suint blanc.

Toutes les parties du corps sont couvertes de laine dans les beaux types, depuis le bout du nez jusqu'aux onglons, et partout, quoique d'une finesse inégale, elle présente les mêmes caractères.

La peau du mérinos, très étendue, forme au cou, aux épaules, aux cuisses, de grands replis appelés *fanons*. La peau des fanons est épaisse, porte des bulbes gros et une laine inférieure. Ces replis sont un défaut.

Le mérinos est parfaitement acclimaté en France. Désormais nous devons le considérer comme race indigène à très nombreuses variétés.

Dans le type mérinos, la laine est souvent courte, le dos enfoncé derrière le garrot qui est trop saillant, l'abdomen est trop volumineux, la peau trop ample, la tête trop forte, etc. Mais tous ces défauts tendent à disparaître : depuis l'importation, au commencement de ce siècle, la laine est devenue plus longue et le jarre qui altérait les toisons des troupeaux introduits à Rambouillet a complètement disparu; la toison est devenue plus lourde et plus fine en même temps que le corps a pris plus de carrure et que la taille est devenue plus forte.

Nous ne pouvons indiquer que les contrées où l'entretien du mérinos est le plus étendu.

Dans la *Beauce*, cette race précieuse a pour type les beaux animaux de la bergerie de Rambouillet et ceux de quelques cultivateurs habiles qui produisent, louent et vendent des béliers. Surtout remarquables par le volume de leurs corps et le poids de leur toison, ces béliers pèsent jusqu'à 80, 90 kilogrammes à 18 mois, 2 ans, et dépouillent de 5 à 10 kilogrammes de laine en suint : les brebis ont un volume correspondant.

Mérinos de la Bourgogne. Les premiers troupeaux de mérinos importés dans le nord de la France et qui ont donné des résultats suivis, furent introduits à Montbard, en 1766 et 1776, par Daubenton, secondé par le ministre Trudaine. Depuis cette époque, de nombreuses importations ont été faites dans cette province.

Les parties de la Bourgogne favorables à l'entretien des bêtes à laine ne se ressemblent ni pour le climat, ni pour la fertilité des terres. Les plateaux du nord-est de l'Yonne, de la Côte-d'Or sont très propres à nourrir des bêtes à laine superfine, tandis que les plaines plus fertiles conviennent mieux pour les animaux de forte taille.

Les cultivateurs avaient cherché à utiliser les dispositions différentes du pays : des mérinos à laine extra-fine tirés de la Saxe, de la Silésie, de Naz, avaient été surtout introduits dans les arrondissements de Tonnerre et de Châtillon; tandis que du côté de Sens on a plutôt tenu au développement de la taille et élevé des mérinos ayant plus de ressemblance avec la race de Rambouillet.

Le manufacturier de Château-du-Parc (près de Châteauroux), qui a fabriqué le premier drap de laine superfine indigène, déclarait à Daubenton, après en avoir fait l'essai, que la laine française avait plus de force et de nerf, avec la même finesse à l'œil et la même douceur au toucher, que les laines d'Espagne. Les résultats ultérieurs n'ont fait que confirmer cette appréciation des premières toisons superfines obtenues en Bourgogne.

Malgré ces qualités, la production de ces laines tend à diminuer. La difficulté de les vendre avec avantage, le peu de rendement des moutons qui les portent, font donner la préférence aux mérinos forts de taille et à lourde toison.

Mérinos de la Champagne. Par rapport aux bêtes à laine, aucune province n'est plus intéressante ni aussi variée que la Champagne. Dans le sud, les moutons se confondent avec les plus beaux de la Bourgogne. Le milieu nous offre, dans les vallées, de beaux troupeaux, tandis que nous trouvons sur les plaines stériles la plus chétive des anciennes races ovines. Le nord, le département de la Marne, est riche en moutons, qui réunissent le poids du corps aux qualités des toisons.

Pour apprécier cette province, il faut tenir compte et des circonstances géologiques favorables au mouton, et de l'influence que le commerce des villes manufacturières de la Marne et de l'Aube exerce sur la production des laines.

Les habiles producteurs de ce département sentent qu'il n'y a rien à gagner avec les laines de première finesse, mais ils n'en ajoutent pas moins une grande importance à conserver les plus précieux caractères du mérinos; ils recherchent des béliers a corps trapu, à garrot épais, à belles formes et à laine longue telle que la demandent les manufactures de Reims; ils tiennent aussi à une peau couverte de laine sur toute son étendue, à un brin fin et à une toison fermée. Si quelques-uns désirent encore une race à cornes, c'est qu'il ne leur est pas démontré que les qualités du mérinos sont bien fixées dans les individus dépourvus de ces organes.

Mérinos du Nord et de l'Ouest. Le nord de la France est plus propre à produire de la viande et de la laine commune ou intermédiaire que de la laine fine. Il faut nous en féliciter autant dans l'intérêt public que dans celui de ces riches contrées. Cependant nous trouvons dans l'Aisne, l'Oise, le pays de Caux, de très bons troupeaux de mérinos. Mais ces animaux sont plus intéressants par les métis qu'ils produisent que par eux-mêmes.

Nous nous bornerons également à mentionner les troupeaux introduits dans le Calvados, la Manche, l'Orne, par quelques riches propriétaires. Ces contrées sont plus généralement favorables au développement de la taille qu'à la finesse de la laine. Le département de l'Eure est un des plus riches en bêtes à laine, mais elles se rattachent à celles d'Eure-et-Loir, de la Beauce.

Mérinos du midi de la France. Nous avons vu, en parlant des races à laine commune, que la partie orientale du double bassin situé au nord des Pyrénées est surtout propre à produire de belles laines. Dans le siècle dernier, on y avait introduit plusieurs fois des béliers espagnols; aussi la race roussillonnaise a-t-elle été facilement régénérée par les mérinos de la bergerie de Perpignan.

Dans les mérinos du Midi, la peau est moins plissée et la taille moins élevée. Au lieu d'être réunis dans les mêmes contrées, comme cela a lieu dans le Nord, les troupeaux en sont disséminées. C'est un inconvénient, ne fût-ce qu'à cause des difficultés de vendre la laine.

Quoique moins favorables à la production des laines fines, la partie occidentale de ce bassin, la Haute-Garonne, la Gironde, etc., possèdent des troupeaux de mérinos et de métis mérinos, mais ces animaux y sont moins multipliés que dans le bassin de l'Aude.

Les mérinos du Languedoc, de la Provence ont par eux-mêmes peu d'importance, on les trouve trop exigeants en nourriture. Les laines fines y deviendront cependant de plus en plus abondantes, et parce que, par les progrès de la culture, par les irrigations dans les Bouches-du-Rhône, les fourrages deviendront plus abondants, et parce que les mérinos purs s'approprieront au pays et qu'ils donneront des métis de plus en plus fins et nombreux.

MOUTONS A LAINE SOYEUSE. Par son croisement avec les races à laine longue et surtout avec des animaux à laine longue, ondulée et d'un éclat soyeux, le mérinos produit assez souvent un lainage brillant qui a certaines ressemblances avec la soie.

Cette transformation de la laine s'opère même quelquefois sans métissage. La laine soyeuse est plus fine, si elle est fournie par des mérinos de pure race.

Il se produit assez souvent en France des animaux soyeux, mais les propriétaires ne tiennent pas à les conserver. La laine de ces animaux, quoique fine, paraît grosse : un brin de laine brillant est plus voyant et semble plus volumineux. On préfère, et avec raison, les mérinos communs.

M. Graux, cultivateur du département de l'Aisne, ayant eu de ces animaux dans son troupeau, essaya de les multiplier, et il est parvenu à former une race qu'on désigne par le nom de *mérinos Mauchamp*, du nom de la ferme où elle a été produite, ou de *mouton soyeux*, à cause de la nature de sa laine. M. Yvart a amélioré les formes du mouton soyeux, et l'a employé avec succès pour adoucir la laine des métis anglo-mérinos et pour allonger celle des mérinos communs.

Il y a aujourd'hui dans les bergeries d'Alfort, de Gevrolles, des moutons soyeux assez bien faits de corps, se reproduisant souvent sans cornes, à corps couvert de laine jusqu'aux onglons et aux lèvres, mais la laine est en longues mèches pointues formant une toison très ouverte et généralement peu estimée.

Cette laine est utilisée pour quelques objets de luxe et payée fort cher, mais il y a peu d'acheteurs, et la vente en serait fort difficile, si elle était produite en forte quantité, à moins qu'on ne trouvât des manières nouvelles de l'utiliser.

En s'accouplant avec le mérinos commun, le mouton soyeux donne des produits soyeux mérinos à laine longue, fine, douce, unie, nerveuse et donnant au peigne, d'après des essais qu'a fait faire M. Yvart, plus de cœur que les autres laines; mais le principal avantage du mouton soyeux a été d'adoucir la laine des métis anglo-mérinos et d'allonger, sans la grossir sensiblement, celle des mérinos communs. Les produits *soyeux mérinos* conservent dans les premiers croisements la mèche carrée et la toison fermée des mérinos, et peuvent être utiles, employés avec précaution, pour hâter la transformation des autres races françaises.

MOUTONS FRANÇAIS A LAINE EXTRA-FINE.

Nous avons vu, en décrivant les races ovines françaises, que des laines anciennement considérées comme belles sont classées de nos jours parmi les médiocres et même parmi les mauvaises; celles qu'on considérait comme les premières sont devenues les secondes, quand on a trouvé dans le commerce les qualités supérieures que nous appelons *extra-fines, superfines*.

Les moutons à laine superfine appartiennent à des variétés de la race mérine. Nos forts types mérinos en renferment rarement : des laines du troupeau de Rambouillet ont bien été trouvées plus belles que celles de la race Electorale et de la race de Naz, mais ces faits sont exceptionnels.

Le mérinos à laine superfine est généralement à corps petit, à peau fine, sans fanons, à laine courte et peu tassée; la grande finesse ne se rencontre jamais avec la quantité : deux, trois livres de laine en suint, et peu de viande.

MÉRINOS DE NAZ. Un seul troupeau à laine superfine se conserve en France. Il renferme un beau type de bêtes à laine. Entretenu dans l'arrondissement de Gex, il est connu sous le nom de *troupeau de Naz*, du nom de l'exploitation où il a été créé, et où il a acquis un haut degré de perfection, par les soins habiles de MM. Girod de l'Ain et Perrault de Jotemps

Les animaux en sont petits, trapus, agiles, ardents, à tête forte, pourvue de grosses cornes en spires rapprochées, à peau fine, tendue, sans fanons; à laine en zigzags, courts, rapprochés et réguliers; mèche courte, brins d'une très grande finesse, mais peu tassés; toison légère.

Cette race est entretenue l'hiver à la bergerie et l'été sur les montagnes des environs de Genève; elle reçoit au ratelier une ration de foin et de racine très régulièrement distribuée, jamais trop forte; et l'été, elle pacage sur des montagnes où le sol est salubre, l'herbe de bonne nature, mais trop peu abondante pour pousser au grand développement des organes de la peau et de la laine en particulier.

Le troupeau de Naz donne des revenus, non-seulement par sa laine, mais encore par les types reproducteurs qu'il fournit en France et à l'étranger. Les soins

que les propriétaires ont pris de fixer les caractères de la race, et les résultats remarquables qu'ils ont obtenus, ont donné à ce troupeau une supériorité qui rend toute concurrence impossible.

C'est probablement à ces circonstances heureuses que nous en devons la conservation; car des nombreux essaims qui en sont sortis, et qui se sont fixés dans la Bourgogne, la Champagne, le Languedoc, le Roussillon, etc., aucun n'a pu trouver des conditions favorables à sa prospérité.

A en croire certains agronomes, nos éleveurs sont des barbares. Ils négligent complétement leurs intérêts, et laissent aller annuellement dans les coffres des étrangers des millions qu'ils pourraient très facilement garder pour eux. Les beaux plateaux calcaires de la Beauce, de la Bourgogne, les plaines du Soissonnais, les vallées du Midi, sont mieux disposées que les steppes du Mexique, du cap de Bonne-Espérance, de l'Australie, pour produire les belles laines que nos fabricants tirent de ces lointaines régions.

Il y a du vrai dans ce raisonnement; mais une question d'abord. Nos éleveurs laissent-ils perdre l'herbe de leurs chaumes? Au printemps, sont-ils obligés de jeter à la fosse au fumier leurs betteraves non consommées? Quand arrive l'époque de la fauchaison, les fenils sont-ils encombrés du foin de l'année d'avant?

S'ils font consommer tous leurs fourrages, ils ne pourraient donc produire des laines superfines qu'en abandonnant la production des laines communes, des laines intermédiaires, et en partie celle de la viande.

Voilà de quelle manière la question doit être posée. Et en l'étudiant, nous trouverions probablement que nos producteurs ont raison de laisser aux terres demi-incultes la production des laines superfines, de même que les propriétaires des environs de Paris trouvent de l'avantage à laisser à ceux de la Picardie, de la Normandie, de la Brie, la production du lait pour la capitale, et à transformer en parterres, en maisons de campagne, des terres qui, il y a quelques années seulement, étaient en luzerne, en vesce et en sainfoin.

Peu de viande et très peu de laine, voilà le caractère économique de la race extra-fine. Ajoutons que cette race réclame des précautions minutieuses : soins bien entendus dans le choix des reproducteurs et les accouplements, pas de parc ou très peu de parc, et seulement après la tonte, car la terre rend la laine roide; des bergeries bien tenues, car le fumier et même le gaz ammoniac donne de la dureté à la toison; enfin une alimentation raisonnée est indispensable : la laine devient grosse avec trop de nourriture, et maigre, cassante avec trop peu.

Le prix très élevé de la laine extra-fine pourrait seul compenser les frais d'entretien des animaux qui la produisent, et cette condition n'existe pas. La consommation de cette laine est très limitée, parce qu'il se trouve peu de personnes qui se servent d'étoffes en laine superfine et qu'elles sont rarement capables d'apprécier ce qu'elles achètent. Il est déjà fort difficile, même avant que la laine soit cardée, filée, modifiée par la teinture, de distinguer la fine de l'extra-fine, et quand elle a été manipulée? il faut alors être du métier et habile dans le métier.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que le commerçant qui est en rapport avec les consommateurs, pouvant vendre les étoffes fines et les étoffes à laine mélangée aussi cher que les extra-fines, demande rarement ces dernières au fabricant.

Des conditions de production particulières, des terres sans valeur, des fourrages difficiles à vendre, l'impossibilité d'écouler la viande, pourraient seules permettre l'entretien des troupeaux de première finesse. Des essais ont été faits au cap de Bonne-Espérance, dans l'Amérique méridionale, dans la Crimée, dans l'Australie surtout.

Dans ces contrées peu habitées où la viande est sans valeur, tout semble favorable à la production des laines extra-fines. Et cependant, malgré des importations considérables de béliers des races électorales, de la race de Naz, il arrive rarement des produits bien suivis. Les animaux dégénèrent faute de soins.

Dans l'Europe occidentale où les troupeaux pourraient être bien soignés, les conditions économiques ne peuvent permettre qu'exceptionnellement l'industrie des laines extra-fines. Nous n'en exceptons pas même la Silésie, la Moravie, la Bohême, la Saxe qui nous envoient ces belles laines dites électorales. Et cependant il y a dans ces contrées bien des circonstances favorables : d'abord la constitution de la propriété en grands domaines y rend l'entretien des animaux plus avantageux que toute autre industrie agricole, et de tous les bestiaux, les moutons exigeant peu de main-d'œuvre, sont les plus propres à donner beaucoup de produit net; ensuite, la longueur des hivers nécessite un long séjour des troupeaux dans les bergeries et l'abondance des fourrages le facilite; l'étendue des pâturages diminue l'emploi du fumier et restreint l'utilité du parcage; enfin la consommation de la viande peu considérable en rend la vente difficile et doit donner de l'avantage à la production des laines. Malgré toutes ces conditions le mouton à laine superfine donne peu de bénéfice, et l'on trouve dans ces contrées beaucoup plus de troupeaux communs que de troupeaux fins.

CHAPITRE DEUXIÈME.

CHOIX DU MOUTON.

Avantages des belles laines. La spéculation des nourrisseurs de moutons est basée, ou sur la production des laines, ou sur l'engraissement; la première est surtout pratiquée dans les contrées pauvres et l'autre dans les riches terres où la culture est active. Mais ces deux branches de l'industrie ovine tendent à se confondre, à se réunir dans les contrées peu fertiles, à mesure que l'agriculture fait des progrès. Ce changement est au désavantage des pays riches qui jadis engraissaient presque exclusivement : d'abord parce que les animaux maigres sont plus chers qu'anciennement et ensuite à cause de la concurrence plus générale. Cette dernière, à la vérité, a peu d'influence, car la consommation augmente plus rapidement que la production. Il y a de nos jours aux marchés de Sceaux 10, 15, jusqu'à 20,000 moutons, et ils se vendent aussi facilement que les 12 ou 1500 qui y arrivaient il y a 40 ans.

Dans le choix du mouton, il faut avoir égard à l'*état de santé*, *à la taille*, *au tempérament*, *aux formes* et *à la laine*.

I. Le bélier qui jouit d'une bonne santé est fort et agile; il a une marche assurée, se tient en tête du troupeau, et se défend avec vigueur quand on le saisit.

Il a l'œil vif, un peu humide, la face interne des paupières et la conjonctive rose, parcourue par des vaisseaux bien apparents. La peau, dans les animaux blancs, a une teinte rosée; la laine s'arrache difficilement; une fois arrachée, elle est forte, résistante. Nous avons en vue ici l'indication des signes de la pourriture qui, même au début, rend les animaux faibles, les membranes muqueuses pâles, celle de l'œil en particulier, la peau terne et la laine facile à arracher, si elle ne tombe pas spontanément.

II. La taille ne mérite pas l'importance qu'on lui attribue. Les moutons consomment en proportion de leurs poids, de sorte qu'on produit autant de viande avec des petits animaux qu'avec des grands. Avec les

premiers on peut en produire sur des terres stériles, sur des bruyères où ne sauraient s'entretenir des bêtes de forte taille. Mais comme les frais pour soigner les troupeaux augmentent avec le nombre d'animaux dont ils sont composés, on choisira des moutons en rapport, par leur taille, avec la fertilité des terres : de forte taille dans les herbages fertiles, cependant plutôt trop petits que trop grands.

Pour la production de la laine, l'avantage est en faveur des petits animaux ; ils donnent un produit souvent plus fin, et toujours plus abondant : deux moutons pesant chacun 50 livres fournissent plus de laine, pour une quantité donnée de nourriture, qu'un seul du poids de 50 kilogrammes.

Le développement considérable du corps n'est un indice constant de bonnes qualités, que lorsqu'on le remarque sur quelques individus d'un troupeau dont tous les animaux ont été élevés et nourris de la même manière : le poids considérable réuni à une belle conformation est alors un signe de la grande disposition des animaux à s'approprier la nourriture.

III. Quoique bien portant, le mouton doit être mou et paresseux. Après avoir pris son repas, il doit se coucher au lieu d'agir. C'est ainsi qu'il prend beaucoup de viande. Cette disposition se remarque dans les races précoces, disposées à l'engraissement On donnera la préférence aux animaux qui la présentent quand on aura des fourrages à faire consommer au ratelier, des pâturages bons et peu éloignés de la bergerie, et un climat doux et tempéré.

Mais il sera préférable d'avoir des bêtes vives, alertes, vigoureuses, quand elles devront aller chercher leur nourriture dans des pâturages peu fertiles, éloignés de la ferme, et à l'action d'un froid rigoureux ou d'une chaleur intense. Elles donneront moins de produits que des bêtes molles, mais elles seules peuvent résister à ces conditions et utiliser de pareils herbages.

IV. Par l'examen des formes, on peut pressentir l'aptitude des animaux à se bien nourrir, leur disposition à produire beaucoup de viande là où se trouve la meilleure, et, jusqu'à un certain point, la quantité, sinon la nature de la laine.

Une grande aptitude à se nourrir résulte d'abord, comme nous venons de le dire, de la propension des animaux à ne pas faire des mouvements inutiles ; elle dépend aussi d'une bonne organisation des organes digestifs et de l'appareil respiratoire.

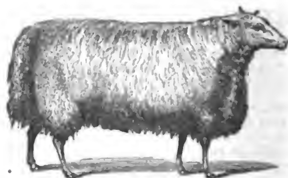
Un volume moyen du ventre est le meilleur signe d'une digestion facile chez le mouton. Le grand développement de cette région, trop fréquent dans nos races, indique l'usage longtemps continué d'aliments médiocres ou mauvais ; il se rencontre presque toujours avec un dos ensellé, occasionné par le poids des viscères abdominaux, et avec un système musculaire peu développé.

C'est la respiration qui donne aux matières élaborées par le poumon la faculté de pouvoir être employées à l'accroissement des organes ; et on juge de l'activité de cette importante fonction par le volume des viscères qui l'exécutent, par la capacité de la cavité pectorale.

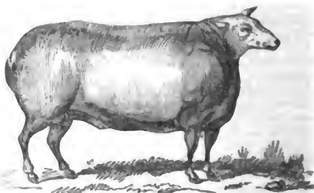
L'ampleur de la poitrine s'annonce par un corps cylindrique, une côte ronde, un poitrail large, bien sorti, un garrot épais, un dos bien soutenu, des régions costales prolongées en arrière, ce qui rend le flanc étroit. Dans le mouton à grande poitrine, les membres sont bien écartés, même les postérieurs, et la région sternale est large : on juge de la belle conformation de cette partie, en explorant le dessous du corps avec la main ou en renversant le bélier.

Des lombes larges, indice, nous allons le voir, de beaucoup de bonne viande, supposent aussi l'ampleur des organes respiratoires, car la largeur des lombes existe toujours avec un grand développement de la partie supérieure du corps, et partant, avec la rondeur des côtes et l'épaisseur du garrot. Beaucoup d'acheteurs se contentent de palper les lombes pour juger des qualités d'un bélier.

Comme dans le cheval, un chanfrein étroit, busqué ; des naseaux peu ouverts se rencontrent avec un poitrail enfoncé des membres rapprochés et une poitrine resserrée ; taudis que la tête droite en avant, le bout du nez fort, le chanfrein épais, indiquent des voies aériennes larges (fig. 2).



2.



3.

Les animaux de boucherie doivent avoir beaucoup de viande et peu d'issues, et la viande doit se trouver en plus grande quantité là où elle est de qualité supérieure.

Avec un corps trapu, épais, cylindrique, à dos bien soutenu, bas sur jambes, un abdomen peu développé, une tête fine, des os grêles, des membres fins, les animaux donnent une grande quantité de viande nette : il suffit même, pour juger de cette qualité, d'examiner la tête et les oreilles : l'épaisseur des oreilles est un indice de la grosseur des os, car il y a toujours un rapport de volume entre le système osseux et le système cartilagineux. (Voir fig. 3, le mouton représenté fig. 2 après la tonte.)

Mais il faut encore que la viande de bonne qualité soit relativement abondante, elle se trouve à la croupe, aux fesses, aux cuisses et à la région lombaire ; la plus mauvaise aux jambes, au flanc, à la partie inférieure des côtes, à l'encolure et à la tête. Un mouton à jambes courtes, à cuisses descendant près des jarrets, à tête fine, à encolure grêle, à lombes larges, donnera de bons filets, de lourds gigots et peu de basse viande.

Remarquons qu'avec cette conformation, les animaux doivent être peu disposés à parcourir de grands trajets. Nos races de montagne avec leurs jambes longues, leurs articulations grosses, leurs jarrets larges sont préférables pour aller chercher leur nourriture dans les pâturages escarpés. Elles donnent moins de

produits utiles, c'est vrai, mais elles s'entretiennent avec des aliments sans valeur.

Quelques cultivateurs recherchent encore la présence des cornes. Pendant longtemps on a considéré ces organes comme un des caractères constants de la race mérine, et partant, des animaux propres à donner de bons produits en laine. Nous savons aujourd'hui que des moutons dépourvus de cornes ont de très bonnes toisons, tandis que d'autres dont la laine est très mauvaise en sont pourvus. Nous ne devons plus considérer les cornes que comme des organes inutiles, ne donnant pas un produit en proportion de la nourriture qu'ils absorbent, et comme nécessitant des os épais, une tête grosse et une encolure forte pour les soutenir.

Il est donc à désirer que les moutons en soient dépourvus; mais si elles existent, elles doivent être en spirales rapprochées. Des cornes droites, ou seulement à contours écartés, indiquent une laine droite et souvent grosse, dure : il y a un rapport entre la direction des brins de laine et celle des cornes.

La peau dans le mouton est bien tendue ou ample, formant des plis, des fanons. Ces plis augmentent l'étendue de la peau et le poids de la toison; mais la peau est épaisse sur ces plis, et fournit une laine grosse, dure, comme jarreuse, parce que les bulbes qui produisent le brin ont un volume relatif à l'épaisseur de la membrane qui les renferme. Les mérinos sans fanons donnent moins de laine, mais on les préfère cependant, parce que les toisons sont mieux suivies, plus égales et en général plus fines.

V. Quelle que soit la race de moutons que l'on possède, le choix, par rapport à la laine, est de première importance.

Non-seulement dans les grandes divisions de moutons, mais dans toutes les races, existent des différences considérables dans la valeur des toisons. En améliorant la laine, il serait facile d'augmenter considérablement la valeur, et aussi le revenu des troupeaux, sans changer la nature des animaux.

Dans le choix du mouton il faut avoir égard à l'ensemble de la laine ou à la toison et à la qualité des brins considérés isolément.

La TOISON doit s'étendre sur tout le corps, couvrir le ventre, les membres et en grande partie la tête. Nos moutons varient à cet égard considérablement; c'est dans les anciennes races indigènes, à laine grosse, que nous trouvons le moins de laine. Pour l'engraissement on recherche les moutons à tête et à ventre nus, parce qu'ils appartiennent à des races qui prennent facilement la graisse et que dans tous les troupeaux, les animaux mauvais pour la laine sont les meilleurs pour la boucherie : la nourriture ne peut pas produire à la fois et de la viande et du lainage.

Mais les éleveurs qui conservent leurs animaux plusieurs années, les tondent plusieurs fois, doivent raisonner différemment : ils trouvent amplement sur la plus-value de la tonte une compensation à ce que les animaux peuvent rendre en moins quand ils sont vendus pour être engraissés ou livrés à la boucherie.

Presque toujours, quand la laine recouvre tout le corps, les brins sont rapprochés : elle est tassée et la toison lourde. Ce n'est donc pas pour la petite quantité de laine d'ordinaire plus grosse et souvent jarreuse, qui recouvre la tête, le ventre, et les jambes qu'il faut rechercher des bêtes bien laineuses; c'est parce que la présence de la laine sur tout le corps indique que ce produit est partout abondant et de bonne qualité. C'est dans les bêtes laineuses que le brin est fin, doux et élastique.

D'après la disposition de la laine on distingue les toisons *fermées* et les toisons *ouvertes*. Dans les toisons ouvertes, les mèches, formées par le rapprochement des brins sont pointues; elles sont carrées, comme tronquées, dans les toisons fermées.

Quand les toisons sont fermées, les mèches carrées, la laine reste plus propre à l'intérieur; elle se dessèche moins et conserve mieux sa souplesse. Le parcage, le contact de la terre, de la litière et du fumier nui sent considérablement aux toisons ouvertes.

Les laines courtes sont en mèches carrées et forment des toisons fermées. A mesure que les brins deviennent plus longs, ils tendent à s'écarter à leur extrémité libre; c'est facile à comprendre. Cependant l'état de la surface des toisons ne dépend pas seulement de la longueur de la mèche. Certaines qualités de laine, la mérinos, tendent à former des toisons fermées.

Dans l'étude des BRINS considérés isolément, il faut avoir égard à la finesse, à la douceur, à la souplesse, à la force, à l'élasticité, à l'uni, à l'égalité des brins, à leur aspect frisé, lisse ou cotonneux.

Ces qualités plus ou moins prononcées distinguent la laine du poil lisse, uni, droit, roide, peu extensible qui recouvre les chèvres, le mouton sauvage, et quelques mauvaises races domestiques. Ce poil ne peut pas se feutrer. Il en existe très peu dans les laines des bonnes variétés mérinos; on l'appelle *jarre*.

D'après le degré de *finesse* du brin on distingue la laine en superfine, fine, moyenne ou intermédiaire, commune ou grosse.

Les distinctions sont faciles à établir quand on examine les types de chaque catégorie, mais bien difficiles quand on arrive aux différens degrés de chaque type. L'habileté à cet égard ne peut résulter que de la pratique.

On reconnaît la *douceur* en examinant la laine réunie en grosses mèches; elle est en rapport avec la finesse et la souplesse de la laine. C'est une propriété qui rend les étoffes agréables et susceptibles de bien préserver du froid et de l'humidité.

La *souplesse* de la laine dépend beaucoup de la finesse, mais elle est subordonnée aussi à l'état des moutons. Lorsque ces animaux jouissent d'une bonne santé, qu'ils ne sont ni trop gras, ni trop maigres, que la peau est moite, que les fonctions de cette membrane sont actives et le suin abondant, la laine est moite, souple; elle est roide quand elle est grosse, quand les animaux fins gras ont une épaisse couche de graisse qui isole la peau et en diminue l'activité; roide encore quand les animaux sont mal nourris ou malades.

La souplesse tient moins à l'état de la laine que les qualités précédentes. Les opérations qu'on fait subir aux toisons après la tonte, les divers procédés de lavage, la teinture, peuvent même la modifier, l'affaiblir.

C'est en partie de la souplesse de la laine que résulte le moelleux des étoffes.

Le parcage, le fumier, l'air impur chargé de vapeurs ammoniacales, les bergeries mal tenues diminuent la souplesse de la laine : la chaleur douce et humide, les bergeries propres, aérées lui sont favorables.

On dit que la laine est *forte* quand elle résiste aux efforts qui tendent à la rompre. Cette précieuse qualité dépend de l'état de santé ou de maladie, de la nourriture et de la manière dont les animaux sont tenus.

Les privations, les maladies, rendent la laine faible. Si un mouton tondu en juin est mal nourri ou devient malade en décembre, on remarquera à la tonte suivante que la laine est plus mince et plus faible vers son milieu; c'est-à-dire vers la partie qui a poussé à l'époque où la nourriture était mauvaise ou l'animal malade.

Non seulement les brebis nourrices donnent moins

de laine que les béliers. les moutons et les brebis infécondées, mais elles la donnent plus faible; celle qui a été produite pendant l'allaitement et au moment du part, surtout si cette opération a été pénible, est toujours moins résistante.

On appelle à deux bouts, la laine faible dans son milieu. Elle est de qualité inférieure, les outils la rompent pendant la préparation.

Toutes les causes qui rendent la laine roide : le défaut d'aérage, le manque de litière, le repos sur la terre, diminuent sa force, mais le grand air, la liberté, les bons pâturages l'augmentent.

La force de la laine se trouve jusqu'à un certain point en rapport avec sa grosseur; car ces circonstances que nous venons d'indiquer, et qui augmentent la ténacité de la laine, la rendent grosse, ferme et même dure.

Hâtons-nous d'ajouter cependant, qu'il ne faudrait pas juger de la force de la laine par la grosseur du brin, car on trouve souvent des troupeaux fins, dont la laine est plus forte que celle des animaux communs de la même contrée.

L'*extensibilité* et l'*élasticité* sont les deux propriétés qui contribuent le plus peut-être à caractériser la laine et à faire reconnaître celle qui est de belle qualité. La laine lisse, droite, en mèches pointues des mauvais moutons, peut s'étendre à peine; celle des mérinos s'allonge considérablement quand on l'étire et revient ensuite complétement sur elle-même.

Ces deux qualités de la laine dépendent de beaucoup de circonstances, principalement des ondulations, de la direction des angles des zigzags que forment les brins. Si ces zigzags sont nombreux et petits, le brin s'allonge beaucoup, et revient fortement sur lui-même quand la force de tension a cessé.

Une laine extensible et élastique forme des étoffes souples, agréables et de longue durée.

C'est à leur élasticité que les laines doivent de pouvoir se feutrer, de former des draps qui sous l'action du foulon deviennent moelleux et épais.

On recherche la *longueur* dans la laine parce qu'elle rend ce produit susceptible de remplir certains usages particuliers et parce qu'elle augmente le poids des toisons. La laine frisée, ondulée paraît courte; il faut l'étendre pour connaître sa longueur réelle, supérieure à sa longueur apparente.

Pendant longtemps les laines longues de sept à huit centimètres au moins pouvaient seules être peignées et servir à la confection des étoffes rases; elles avaient à cause de cela plus de valeur.

Mais nous avons vu que de nos jours les procédés de peignage ont été considérablement perfectionnés et qu'on peut peigner presque toutes les laines, même les plus courtes.

Il est à désirer que tous les brins de laine présentent la même longueur. Quand cette condition existe, les mèches au lieu d'être pointues sont comme tronquées : elles sont carrées et les toisons fermées : c'est, avons-nous dit, un grand avantage.

Soumises à l'action du peigne, ces laines donnent beaucoup de cœur et peu de blouse : celle-ci est produite par les brins naturellement courts et par ceux qui se brisent sous l'action du peigne.

Demandons pour dernière condition, que la laine soit autant que possible *uniforme* sur les diverses parties du corps.

Les connaisseurs distinguent sur chaque animal trois, quatre, cinq, six qualités de laine. La plus belle est sur l'épaule, la plus mauvaise sur la queue et les cuisses. Les différences entre ces qualités varient beaucoup; elles sont moins sensibles dans les très bonnes bêtes et dans les très mauvaises.

C'est surtout dans l'intérêt du cultivateur qu'il est à désirer que les laines soient uniformes; car les marchands, les manufacturiers, achètent en se guidant sur la mauvaise ou la médiocre qualité. Ils font ensuite opérer le triage à leur profit.

Dans les troupeaux d'une même race, il y a moins de différence que dans ceux qui sont formés de bêtes appartenant à divers types.

Ainsi dans les troupeaux des Arabes où nous trouvons à la fois des moutons qui pourraient presque être classés dans nos cinq sections, les toisons sont quelquefois formées de laines fort différentes. Les troupeaux *neufs* de l'Australie n'offrent pas le lainage disparate que nous remarquons en Afrique.

Dans le mouton sauvage, au lieu de laine, nous trouvons un poil gros, lisse, roide, mêlé à une très petite quantité de duvet ou de laine. Parmi les moutons domestiques, nous avons des races qui ressemblent à leurs congénères sauvages, par la nature de leur pelage et d'autres où le poil grossier a complétement disparu. Dans la plus grande partie des races cependant, nous trouvons les deux natures de poil, mais la laine est en grande prédominance.

Même une petite quantité de poil déprécie les toisons. Quand il en existe peu, c'est à la queue, sur les cuisses, les fesses, sur les grands plis de la peau, à l'encolure.

Relativement au mélange de la laine et du jarre, nous pouvons faire la même observation que pour la diversité des laines. Il y a en Afrique et dans nos montagnes des moutons qui, avec une laine passable, ont une très grande quantité de jarre. Le défaut de soins dans les appareillements explique ce mélange qui déprécie complétement les toisons.

AVANTAGES DES BÊTES OVINES A LAINE FINE.

Pour produire de bonnes étoffes, les brins de laine doivent être fins, doux, souples, extensibles, tenaces et élastiques.

Mais de toutes les qualités, la finesse est la plus précieuse. D'abord elle suppose presque toutes les autres et ensuite elle est une des conditions sans lesquelles les étoffes sont d'un mauvais usage.

Douce et fine, la laine se file bien. Tissée et soumise au foulon, elle se feutre et forme des étoffes serrées, moelleuses, peu perméables, sans cesser d'être souples. Ces étoffes sont les plus propres à préserver du froid et de l'humidité.

Notons surtout, c'est moins connu, qu'elles durent plus longtemps que les étoffes fabriquées avec des laines grossières. Plus les mailles, les fils d'une corde sont fins et nombreux, plus la corde, pour un diamètre donné est résistante. De même les fils de laine sont d'autant plus résistants qu'ils sont formés de brins plus fins et partant plus nombreux et mieux appliqués.

L'extensibilité, la souplesse, l'élasticité des laines donnent encore aux étoffes de très précieuses qualités. Un tissu fait avec une laine souple et élastique, transformé en habit, s'étend pour suivre les mouvements du corps, est souple, toujours bien appliqué, mais sans cesser de résister aux efforts qui le tiraillent et revient sur lui-même aussitôt que le tiraillement a cessé. Avec une pareille étoffe, un habillement ne se déforme que lorsqu'il est usé.

Nos cultivateurs tiennent peu à avoir des étoffes, belles, lustrées, douces au toucher, ils n'ajoutent même qu'une importance médiocre à ce qu'elles les préservent bien du froid et de la pluie. Ils considèrent, mal à propos, la finesse, le moelleux comme des qualités de luxe qu'il faut acheter aux dépens d'une qualité plus réelle, de la résistance à l'usure.

S'ils étaient convaincus que leurs bas et leurs vêtements confectionnés en laine fine feraient plus d'usage, qu'en rendant leurs moutons plus fins, ils pourraient

doubler la quantité de leur laine, les petits lots de moutons disséminés dans le Perche, l'Anjou, le Limousin, le Quercy, le Rouergue, le Vivarais, seraient en peu de temps complétement transformés.

Ce que nous disons des étoffes en général semble contraire à ce qu'on observe ordinairement. Les draps fins, souples, du commerce font moins d'usage que les étoffes faites avec nos laines communes par les cultivateurs, c'est vrai; mais cela dépend de ce que les draps du commerce, souvent brûlés par la teinture, sont en outre fabriqués trop légèrement. Le fabricant cherche à économiser la matière et fait subir à ses étoffes, pour les rendre plus *belles*, des opérations qui en diminuent la force de résistance et les rendent faibles.

Mais si nos cultivateurs livraient à leur tisserand, au lieu de leurs laines grossières, des laines fines, leurs étoffes feraient beaucoup plus d'usage.

Nous insistons sur cette qualité des laines fines qu'ont bien démontrée MM. Girod (de l'Ain) et Perrault de Jotemps. Elle n'est pas suffisamment appréciée par les habitants des campagnes. S'ils en comprenaient l'utilité, ils donneraient plus de soins à l'amélioration de leurs bêtes ovines.

Mais nous pourrions dire encore en faveur de l'amélioration des moutons, qu'avec un certain poids de laine fine on produit un fil plus long et de même force qu'avec la même quantité de grosse laine; qu'on fait une étoffe plus belle, plus douce, plus solide et qu'on en fait une plus grande quantité.

Et nous pourrions ajouter : de tous les moyens propres à prolonger la vie, à prévenir les plus mortelles comme les plus douloureuses maladies : la phthisie pulmonaire, les rhumatismes, aucun n'est aussi efficace qu'un vêtement de laine : il préserve de l'humidité extérieure et absorbe celle qui est fournie par le corps, garantit du froid tout en conservant la chaleur de nos organes, et ces effets sont d'autant plus marqués que la laine est plus souple, plus fine et plus douce.

L'indifférence de nos cultivateurs pour leur bien-être n'est pas la seule cause qui s'oppose à l'amélioration de nos moutons. Nous devons signaler aussi l'influence du commerce qui agit surtout sur la moyenne propriété.

Les marchands qui achètent les laines dans les campagnes méconnaissent souvent la valeur des belles qualités et ils sont toujours intéressés à les déprécier. Ils ne font quelquefois aucune différence entre des laines qui valent 25, 30 pour 100 de plus les unes que les autres.

Cette ignorance ou cette mauvaise foi répand l'indifférence parmi les cultivateurs et nuit autant à l'industrie qu'à l'agriculture.

Et cette cause ne cessera que lorsque l'amélioration des laines se sera généralisée. Le cours de la marchandise s'établira alors sur les belles qualités dominantes. C'est ainsi que dans la Brie, dans la Beauce, lors des premiers mérinos, des premiers métis, les marchands en payaient la laine à peine plus cher que celle de l'ancienne race du pays; tandis qu'aujourd'hui les diverses qualités des métis mérinos sont distinguées et diversement payées, quoiqu'elles ne diffèrent que de quelques centimes par demi-kilogramme.

Nous le verrons, l'amélioration n'offre aucune difficulté par elle-même et ne nécessiterait aucune dépense que ne puisse faire le plus petit cultivateur; car il n'est pas nécessaire pour produire un grand résultat d'acheter des reproducteurs de prix, ni de chercher des races d'un entretien difficile, il suffit de savoir choisir parmi les animaux qu'on élève les moins défectueux, pour les employer à la reproduction, ou tout au plus d'acheter, auprès d'un voisin, un animal plus parfait que ceux que l'on possède.

CHAPITRE TROISIÈME.

AMÉLIORATION DES MOUTONS.

Nos races ovines diffèrent beaucoup les unes des autres par les qualités de leur laine, et le plus grand nombre ont besoin d'être améliorées : si nous avons la première race par la finesse, celle de Naz, nous avons aussi la dernière, celle d'Oléron.

Elles sont remarquables par leur rusticité et par leur excessive sobriété. Quelques-unes se distinguent par les qualités de leur viande, et d'autres par la quantité qu'elles en fournissent.

Mais elles sont peu précoces, tardives même, et laissent à désirer pour les formes : elles ont la poitrine étroite et les os trop volumineux.

Nous pouvons les améliorer par les soins, le régime; par le choix des reproducteurs et de bons appareillements; enfin par le croisement.

I. C'est par les *soins*, par le *régime* seulement, que nous pouvons élever la taille des races trop petites; c'est par une nourriture abondante et de bonne nature distribuée dans le jeune âge, que nous pouvons aussi produire la précocité, en rendant le corps trapu et les muscles volumineux.

Les soins peuvent changer la nature de la laine. Le séjour dans une bergerie bien tenue la rend douce, souple, tandis que le parcage sur les terres labourées la rend dure. Sous l'influence du grand air, du froid, elle devient élastique; elle devient forte et tend à grossir, quand les animaux sont abondamment nourris.

Quoique efficaces, les soins, le régime, dont il ne serait pas possible de donner les détails, ne peuvent être utiles que pour conserver les qualités que possèdent les animaux; à ce point de vue, ils sont d'une nécessité absolue. Mais quand on a reconnu la convenance d'améliorer une race, il faut mettre en usage des moyens plus expéditifs.

II. On appelle *appareillement* l'accouplement d'un mâle et d'une femelle dont les qualités et les défauts se compensent. Combiné avec le régime, ce moyen pourrait produire toutes les améliorations possibles.

L'appareillement, comme moyen d'amélioration, est plus efficace dans le mouton que dans les autres animaux domestiques. Les produits d'un troupeau un peu considérable sont toujours variés. Dans le nombre, il s'en trouve constamment qui présentent beaucoup plus que les autres la qualité que l'on veut propager; il suffit de savoir les reconnaître, les choisir et les conserver.

Ainsi, dans les races à laine grosse, il se trouve toujours des agneaux et des agnelles dont la laine est passable; il suffirait de les employer exclusivement à la reproduction, pour imprimer aux races de la Flandre, de l'Artois, de la Picardie, de la Normandie, de la Vendée, du Limousin, du Poitou, une grande amélioration.

Dans le mouton à laine intermédiaire et à laine fine, l'appareillement pourrait rendre également de grands services; c'est par ce moyen seul qu'on a pu conserver les laines extra-fines. Mais l'emploi en est moins aisé que dans les races communes, parce qu'il est plus difficile de reconnaître les meilleurs animaux. Tout le troupeau se ressemble davantage.

D'après les recensements, nous avions en France, en 1829, 30 millions de moutons dont 24 millions de races communes. Sur ce nombre, 10 millions appartenaient aux races inférieures, donnant par individu 1,500 grammes de laine.

En comparant l'étendue de la petite propriété à celle de la grande; en tenant compte aussi de la quantité de moutons à laine grossière conduits sur nos marchés, nous dirons que ce nombre, 10 millions, doit exister encore. L'augmentation et la grande amélio-

ration qui ont eu lieu depuis ont porté sur les 8 millions d'indigènes supérieurs et les 6 millions d'indigènes moyens.

Il serait facile de doubler le poids de la toison de ces 10 millions de moutons, de doubler aussi la valeur de la laine, et de quadrupler ainsi une partie du revenu des petits cultivateurs.

A la vérité, cette somme ne serait pas réalisée en totalité, parce qu'une partie de la laine est employée pour l'usage personnel des membres de la famille, mais l'on en vendrait davantage à mesure que le poids des toisons augmenterait, et n'est-ce rien que d'avoir, au lieu de bas et de vêtements semblables à des nattes de crin qui laissent passer le froid et l'humidité, des vêtements moelleux, souples, imperméables, qui vous abritent contre les intempéries et vous préservent des plus graves maladies.

Répétons-le, pour produire ces grands résultats, aucun sacrifice n'est nécessaire. Il suffit au cultivateur de savoir apprécier les qualités de la laine, de choisir les meilleurs animaux pour la reproduction, de ne pas conserver, comme cela se pratique aujourd'hui, tous ses agneaux entiers jusqu'à l'âge d'un an au milieu des brebis. Il est indispensable, sinon de tenir le bélier isolé hors du temps de la monte, au moins de faire couper à temps les plus mauvais agneaux.

Il existe, avons-nous dit, parmi les mérinos et surtout parmi les métis, des sous-races extrêmement remarquables par la quantité de leur viande et la valeur de leurs toisons. Elles sont nouvelles. On aurait pu les creer, à coup sûr, aussitôt après l'introduction des mérinos. C'est aux bergeries de l'État et aux particuliers producteurs des béliers que nous devons ces grandes améliorations. Mais le progrès serait beaucoup plus rapide si chaque éleveur produisait ses béliers, parce qu'alors, au lieu d'élever tous les agneaux bons et même tous les passables, qui naissent dans un troupeau, ainsi que le font les producteurs de béliers, on n'eleverait que les individus les plus parfaits. Passons à l'étude du *croisement*.

III. Il est plus facile d'améliorer la laine par le simple appareillement des animaux d'un troupeau que de changer les formes et la précocité.

La constitution, le tempérament *jouent* moins que le lainage; on trouve rarement, surtout parmi nos anciennes races de moutons, des individus qui, différant beaucoup des autres par la conformation, puissent être employés pour améliorer leur race.

C'est par le *croisement* qu'il faut perfectionner les moutons à ce point de vue, mais en cherchant à rendre la laine plus belle de manière à produire un triple résultat : corps mieux conformé, engraissement plus facile et toison meilleure.

Nous possédons les moutons les plus parfaits du monde. Aucune race ne présente, à un degré aussi éminent que quelques-uns de nos métis mérinos, l'ensemble des qualités que nous recherchons dans les bêtes à laine : constitution rustique, viande abondante, toison lourde, laine fine, longue et nerveuse. Si un seul éleveur avait créé ces animaux merveilleux, il serait à cent coudées au-dessus de Backewell, avec son bélier qui, malgré une conformation admirable, n'est qu'une pelote de mauvaise graisse enveloppée de crin.

Et ici nous ne parlons pas de quelques lots de choix élevés exceptionnellement en vue du concours, nous parlons de moutons conduits par centaines à tous les marchés de Sceaux et de Poissy, et cela toute l'année durant.

Au lieu d'avoir été produits par un seul, ces belles races sont le résultat heureux des efforts d'un grand nombre; elles sont peut-être exclusivement le résultat de la force des choses, des progrès agricoles! Qu'importe, sachons les utiliser.

Ces animaux si remarquables, du reste, ne sont pas parfaits : ils pourraient être plus précoces et mieux conformés. Examinons cette question.

Il y a, c'est incontestable, un grand avantage à ne pas laisser vieillir son troupeau.

Mais est-il bien important de tenir à une très grande précocité? Quand on a des moutons qui dépouillent par an 8, 10, 12 francs de laine, qui augmentent sans cesse de poids, qui acquièrent de plus en plus de suif, dont la viande gagne annuellement en qualité 3, 4, 5 centimes par demi-kilogramme; y a-t-il donc si grande perte à les conserver trois ans et demi, quatre ans même? En renouvelant plus souvent le troupeau, ne perd-on pas par le supplément de nourriture qu'exigent les mères, par la diminution de leur valeur, par la dépréciation de leur toison, par les soins que nécessitent les agneaux, le bénéfice que les moutons donneraient en plus? Nous ne sommes pas dans les mêmes conditions que les possesseurs des races anglaises dont la laine, sans exception, n'a pas de valeur.

Du reste, il serait facile d'augmenter la précocité de nos moutons par l'elevage et par le croisement; n'oublions pas cependant que cette qualité ne peut être conservée que par l'emploi continuel des soins qui la produisent. Elle se donne surtout par la race, c'est vrai, mais elle ne se conserve que par des soins continus. Nous n'avons jamais compris une race précoce, sobre, robuste à la fatigue et de facile entretien; bien des personnes pensent comme nous, après avoir vainement cherché cette race.

Nos moutons, avons-nous dit, laissent à désirer quant aux formes; plusieurs ont des cornes qui leur sont inutiles et nécessitent une grosse tête; dans d'autres le cou, cette partie qui fournit de la viande si mauvaise, est trop grand et la poitrine trop serrée.

Par des appareillements bien entendus et un bon régime, ces défauts pourraient disparaître et ils diminueront à mesure que les éleveurs, devenant plus habiles, choisiront mieux les reproducteurs; mais c'est par les croisements qu'on peut les combattre avec le plus d'efficacité, car les améliorations qui tiennent aux formes sont de celles qui s'obtiennent facilement par le mélange de deux races. (Voyez dans ce Dictionnaire le mot *croisement*.)

Pour simplifier, nous n'étudierons le croisement que d'une manière générale sur les races du Midi, sur celles du Nord et sur les petits moutons du Centre

1° Les races ovines du double bassin des Pyrénées et du bas Rhône sont parfaites, quant aux qualités de la viande; elles sont sobres, rustiques et fortes pour aller chercher leur nourriture dans les montagnes et braver les extrêmes si rigoureux de la température méridionale; mais elles sont mal conformées, dures à l'engraissement et plusieurs laissent à désirer quant à la laine. Comment les rendre plus précoces, plus tendres à l'engrais sans diminuer en même temps leur force et leur rusticité?

Nous avons dans quelques contrées, dans les Cévennes en particulier, dans le Rouergue, des troupeaux qui ont besoin de toute leur vigueur pour résister au climat. Le croisement, même avec le mérinos, a échoué. Et si nous ajoutons que, pour quelques-unes de ces races, on tient considérablement au lait, qu'on veut absolument conserver l'activité des mamelles, on comprendra combien le croisement offre de difficultés.

Il faudrait commencer d'abord par augmenter les fourrages, et on est souvent contrarié par le climat semblable presque à celui de l'Afrique, mais les progrès déjà réalisés en agriculture, et même dans les animaux, permettent d'en attendre de plus considérables. Disons que c'est par les irrigations, trop oubliées pour le drainage, qu'on créera les moyens d'imprimer aux races du Midi les qualités qui leur manquent.

Le croisement doit venir en seconde ligne. Mais dans quelques exploitations, dans quelques cantons, il pourrait être pratiqué immédiatement, pour améliorer la conformation.

Quoiqu'on ait essayé dans plusieurs départements du Midi le bélier dishley, qui est le plus propre à améliorer les formes de nos races et à leur communiquer la précocité, nous ne saurions le conseiller; nous croyons même que son métis demi-sang mérinos aurait encore la laine trop grosse et ne pourrait être employé que pour quelques races à laine grosse ou passable de la partie occidentale du grand bassin pyrénéen. Le dishley-mérinos, trois quarts mérinos, serait plus généralement utile.

Ce croisement rendrait plus fine la laine de beaucoup de troupeaux, allongerait, sans la rendre plus grosse, celle des meilleurs métis et dans tous rendrait le garrot plus épais, le dos plus soutenu, la poitrine plus large, les animaux plus précoces et plus tendres à l'engrais.

On a préconisé le mouton southdown pour créer des races de boucherie d'un facile entretien dans les contrées peu fertiles, mais nous ne pensons pas que ce résultat soit possible, comme nous le dirons en parlant du mouton du Centre. Ajoutons seulement ici que dans la Gironde on a renoncé à cette race, parce qu'elle « était contrariée par la nécessité d'une locomotion longue, indispensable à la satisfaction de ses appétits et de ses besoins alimentaires » et qu'on lui a préféré le métis dishley-mérinos.

On a dit que ce croisement nuirait dans les races du Sud aux qualités de la viande, mais le climat, les plaines salubres, les herbages salés, les montagnes à plantes sapides donneraient en bien peu de temps à la viande des produits croisés, le grain fin, le goût exquis, qui caractérise le mouton de ces contrées. Si le croisement peut avoir des inconvénients, c'est comme pouvant rendre les animaux moins rustiques et plus difficiles à nourrir; il est certain qu'on ne peut songer qu'à une transformation légère des bêtes indigènes.

2° Pour les races du Nord et pour celles de l'Ouest, qu'elles soient à laine grosse, à laine intermédiaire ou à laine fine, les croisements avec les types précoces offrent plus de chances favorables.

Partout où les herbages sont fertiles, le climat doux et les brebis de haute taille, les béliers dishley ou New-Kent pourront être utiles pour rendre le corps trapu, épais, plus bas sur jambes et plus lourd, les membres plus fins, la tête plus petite, l'accroissement plus rapide et l'engraissement plus facile.

Ce croisement ne saurait rendre la laine plus mauvaise dans les races de la Flandre, de l'Artois, de la Normandie, de l'Anjou, mais il ne produirait pas non plus les améliorations que nous devons désirer.

Pour tirer tout le parti possible de ces grandes races, il est nécessaire d'utiliser les qualités du mérinos, soit en donnant aux brebis de pure race indigène des béliers dishley-mérinos, soit en donnant aux brebis anglo-flamandes, anglo-normandes, anglo-mancelles, le bélier mérinos. L'expérience seule peut démontrer dans quels cas il faudrait préférer le reproducteur trois quarts de sang mérinos au demi-sang, et nous apprendre si, dans quelques contrées humides très fertiles, il ne faudrait pas employer ou la race anglaise pure, ou des métis anglo-français ayant trois quarts de sang anglais.

Par ces croisements, les formes de nos brebis deviendraient meilleures, le tempérament plus précoce, le corps plus laineux, la laine plus fine, plus douce, plus élastique et la mèche plus carrée sans perdre de sa longueur sensiblement. Nous arriverons ainsi à produire avec plus de viande non pas des laines fines dans le Nord et l'Ouest, mais de ces laines intermédiaires, belles et abondantes, qui répondent si bien à l'immense développement que prend, dans les cités populeuses du Nord, la fabrication des étoffes rases.

Produire des animaux mieux conformés et plus précoces que les races indigènes, tout en produisant des belles laines pour alimenter notre industrie, tel est le résultat qu'il faut obtenir. Nous pouvons arriver au but en soignant nos belles races à laine intermédiaire; quelques magnifiques lots de métis mérinos à laine longue et fine, à toison fermée, à pattes et tête laineuses, à corps trapu, nous prouvent que ce progrès est en partie réalisé.

Il se généralisera avec ou sans l'emploi du sang anglais, mais l'emploi du bélier dishley ou New-Kent peut, dans la plupart des cas, être fort utile : le sang anglais pour donner la carrure, la précocité, la nature, la longueur de la mèche; le sang mérinos pour communiquer la finesse, le tassé de la toison, l'égalité des brins et l'extension de la laine sur la tête, les membres et le ventre.

Déjà, dans le siècle dernier, on avait observé que le croisement des béliers anglais à laine longue avec les brebis communes du Boulonnais donnait de mauvais résultats; pour empêcher la dégénération, on avait reconnu la nécessité de mêler le sang anglais au sang mérinos. Vers la même époque, on obtenait à la Ferté-Milon, dans l'Oise, de ces deux dernières races, des moutons qui donnaient des toisons de la plus belle qualité.

Par l'emploi du bélier anglais seul, la laine resterait trop dure; par la race mérine et ses dérivés français on arriverait plus sûrement au but, mais seulement par des tâtonnements, par des précautions très grandes dans les appareillements et par des soins soutenus dans l'élevage, et le succès même ne serait certain que là où le climat serait favorable. Tandis que par l'emploi des types améliorateurs réunissant les qualités des deux races, on peut arriver d'un bond, arriver avec certitude, et sans donner aux troupeaux d'autres soins que ceux nécessaires pour conserver les améliorations produites.

Ce progrès parfaitement compatible avec le climat de la Flandre, du bassin de la Somme, de ceux de l'Aisne, de la Seine, du Calvados, de la basse Loire, n'exercerait aucun effet fâcheux sur les qualités de la viande. Les métis seraient peut-être moins estimés des bouchers que les races indigènes pures, mais cela ne dépendrait pas de la généalogie des animaux; cela dépendrait de leur précocité, de l'âge peu avancé auquel on les exposerait en vente. Cette désappréciation n'arriverait donc qu'autant que les éleveurs y trouveraient leur avantage. Quand la bonne viande se vendrait mieux relativement que la médiocre, ils laisseraient vieillir un peu plus leurs troupeaux. Nous n'avons donc pas à nous préoccuper de cette question.

3° Arrivons aux petites races si utiles dans le Berry, la Sologne, la Bretagne, la Manche, le Forez, etc. Nous ne saurions songer à en accroître directement la taille par les croisements. Nous devons les conserver pour utiliser l'herbe de nos bruyères, de nos landes, de nos plaines crayeuses et de nos garrigues stériles. Aucune amélioration n'est possible à ce point de vue, à moins que les propriétaires ne se procurent les moyens de mieux nourrir leurs troupeaux. A cet égard il y a eu déjà des progrès considérables réalisés.

Quel est le type améliorateur qui convient alors pour les races dont on s'est le plus occupé, pour celles du Berry, du Nivernais?

C'est pour elles que le bélier southdown a été surtout préconisé dans ces derniers temps et nous dirions presque importé en France. Parce qu'il a été créé en Angleterre dans un comté moins fertile que celui dans lequel a pris naissance le bélier dishley, on a cru qu'il s'entretiendrait facilement dans nos contrées

à sol pauvre et produirait une race de boucherie, précoce et sobre, de facile entretien et graisseuse.

Les Anglais ont formé la race southdown sur des collines calcaires, c'est vrai, mais avec le secours des riches plaines environnantes et *en portant l'alimentation des animaux au delà de ce qui leur est nécessaire.*

Mais en voyant les formes du bélier southdown, en sachant qu'il parvient assez jeune au poids de 70, 80 kilogrammes, nous n'avons pas besoin que les Anglais nous disent que la race s'est formée sous l'influence d'une riche alimentation et qu'elle ne peut être conservée qu'avec cette condition.

Nous ne connaissons que deux types de moutons capables d'améliorer les races indigènes : le type de boucherie, le bélier dishley pour les formes et la précocité ; et le type à belle laine, le mérinos pour améliorer les toisons.

Et quand, nous demandera-t-on, l'on veut améliorer pour la boucherie une race qui, en raison de sa taille peu élevée, de la pauvreté des pâturages où elle vit, ne comporte pas le bélier dishley? Dans ce cas il faut prendre le produit d'un de ses croisements avec une race française ; prendre le métis dishley-mérinos et on aura l'avantage d'améliorer la laine en même temps que les formes. Autant que cela est possible, on peut arriver ainsi à réunir la précocité des races de boucherie à la sobriété des races françaises, car on peut produire tous les degrés de métissage et avoir toutes les nuances de précocité désirables. En réduisant ainsi à la mesure nécessaire les qualités du type dishley, on peut lui communiquer les qualités de lainage qui lui manquent et le rendre supérieur à un autre point de vue au bélier southdown.

Le cultivateur qui possède un troupeau indigène peut avoir avantage à créer lui-même le métis dont il a besoin. A cet effet, il donne le bélier dishley à quelques brebis de choix ayant du sang mérinos; il obtiendra d'abord des demi-sang, mais qui seront trop exigeants pour le pays et auront d'ailleurs la laine trop grosse; il corrigera les métisses par un mâle de la race maternelle.

On obtiendra ainsi, autant que cela est possible, mieux qu'avec un bélier anglais, fût-ce le southdown, des produits sobres, avec plus de précocité et la laine meilleure.

Il y a eu déjà dans le Berry et le Nivernais de nombreux essais de croisements anglais. Ceux qui ont le mieux réussi à notre connaissance dans les circonstances ordinaires, sans soins minutieux donnés aux produits, ont été obtenus à peu près de cette manière par M. Saulnier, dans les environs de Buzançais. Si cet éleveur parvient à adoucir la laine de son troupeau, tout en conservant le corps épais, le dos soutenu, la côte ronde et le poitrail ouvert, il aura créé un beau type et rendu un véritable service à la contrée.

Dans les meilleures localités du Centre, sur les bords de l'Indre, de la Creuse, on n'aime pas les animaux laineux ; on veut des jambes nues, des têtes chauves. Les éleveurs qui vendent les moutons jeunes doivent tenir compte de ces répugnances, mais nous croyons, et c'est l'opinion de l'habile éleveur que nous venons de citer, que l'aptitude plus grande des bêtes chauves à l'engraissement ne compense pas la perte qui résulte d'une laine plus grosse et moins abondante. Le cultivateur qui peut engraisser ses élèves n'a pas à tenir compte de ce préjugé.

Dans ces toutes petites races, l'amélioration de la laine offre moins de difficultés que celle des formes. La plupart appartiennent aux mauvaises laines communes, et cependant les contrées où elles se trouvent, la Loire, la Nièvre, le Cher, le Loiret, l'Ille-et-Vilaine, ne sont contraires ni par leur humidité, ni par leur latitude, ni par leur fertilité, à la production des laines fines. L'appareillement pourrait suffire pour donner à ces races une grande perfection, mais il serait simple de croiser les plus mauvaises par les meilleures ou par des métis-mérinos de petite taille, et assez nombreux dans tous ces départements. H. MAGNE.

MOUTON (*mécanique*). Voyez CHOC.

MOUTON A VAPEUR. Voyez MARTEAU A VAPEUR.

MOUTURE. Voyez MOULIN A BLÉ.

MOUVEMENT (*transformations de*). Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

MUSCADE (*angl.* mutmeg, *all.* muskatnuss). La muscade ou noix de muscade est le fruit d'un arbre de la famille des laurinées, le *myristica moschata*, qui croît dans les îles Moluques, et donne trois récoltes par an. On l'emploie surtout comme assaisonnement. On donne le nom de *macis* à la pellicule charnue qui environne la muscade. Le macis est encore plus aromatique que la muscade. On retire de l'un et de l'autre une huile grasse ayant la consistance du beurre, l'*huile de macis*, et une huile volatille.

MUSIQUE (FABRICATION DES INSTRUMENTS DE). *Principes acoustiques servant de base à leur construction.* I. L'exposition des principes et des lois de vibration de *tous les corps sonores*, qui devrait précéder l'étude des méthodes de construction, ne peut être faite que dans les limites assez restreintes de certitude qu'il est possible d'atteindre dans l'état actuel de la science; c'est pour celle-ci une obligation de ne pas faire pour l'industrie, dont il est ici question, moins que n'a fait l'empirisme lui-même. Si nous recherchons, en effet, de combien de substances les siècles précédents ont tenté l'emploi, pour obtenir des sons, nous verrons que les trois règnes ont fourni une part égale dans ces recherches. On a recouru aux gaz, liquides, pierres, cristaux, métaux, bois, roseaux, écailles, boyaux, peaux, plumes, poils, et bien d'autres matières qui mériteraient une égale attention

Il serait plus facile de classer les procédés servant à déterminer des vibrations, et il n'en est aucun, si défectueux, si dédaigné qu'il soit, qui ne puisse être considéré comme l'origine d'une grande découverte. Mais pour ne pas nous étendre au-delà des limites exigées par la nature de cet ouvrage; nous devons nous borner à des indications essentielles dont le lecteur trouvera le développement dans les ouvrages spéciaux déjà publiés, et dans ceux qui bientôt, sans doute, viendront apporter de nouvelles notions sur l'ensemble des phénomènes acoustiques.

Pour débuter et sans avoir la prétention d'apporter notre opinion au sein d'une dispute qui dure depuis longtemps, qui n'est point près de se terminer et qui a pour objet de fixer la prééminence d'un sens sur les autres dans l'organisme humain, nous dirons que, quel que soit le rang qu'il convient d'accorder au sens de l'ouïe sous différents rapports, c'est à lui certainement que nous devons les sensations les plus délicieuses. La nature s'est chargée de donner à l'homme les premiers concerts qui l'aient ravi, et bientôt il a tourné ses efforts vers leur reproduction, la musique a été son premier, son plus cher art, et dans son enthousiasme il n'a voulu le concevoir que divin. Qu'on remonte au berceau de toutes les civilisations, et l'on verra toujours l'invention des instruments de musique attribuée aux dieux. L'Egypte prétendait tenir le sistre d'Isis et Osiris, les Grecs rendaient grâce à Apollon du don de la lyre, l'Inde regardait la vinâ comme un présent de Chrichna, l'une des incarnations de Brahma. Les Chinois seuls donnent à leur musique une origine humaine, mais c'est pour la compter parmi les bienfaits dont ils sont redevables à Fou-hi, fondateur de leur empire et de leur religion (1).

(1) Il peut être intéressant de noter ici que l'an 2,000

Cependant malgré le puissant attrait que tous les peuples ont ressenti pour cet art, il serait rien moins que vrai de dire que pendant une longue suite de siècles il ait fait de notables progrès. A peu près stationnaire jusque vers le milieu du seizième siècle, il commença seulement à cette époque à recevoir une vigoureuse impulsion du génie italien, non plus musical peut-être que celui du reste de l'Europe, mais plus prompt, plus brillant alors qu'aucun autre. Ce grand mouvement, d'ailleurs, eut sans mélange le caractère pratique. On était encore bien loin du temps où les sciences expérimentales devaient porter secours aux œuvres d'imagination, tant pour les éléments matériels de leur exécution que pour l'agrandissement de leur domaine intellectuel.

Et pourtant, cinquante ans à peine s'étaient écoulés depuis la date citée plus haut que le père Mersenne à Paris, Kircher à Rome, tentaient par d'honorables efforts de débrouiller les lois de la production du son. Taylor à Londres, Euler à Berlin, les Bernouilli à Bâle, reprenaient à cent ans d'intervalle cette tâche pénible, sans que ni la patience investigatrice des uns, ni le profond savoir des autres pussent arracher la construction des instruments aux incertitudes du tâtonnement.

Dans ce cas comme dans beaucoup d'autres la théorie, après s'être proposé d'expliquer les faits antérieurement constatés et accumulés par la pratique, y a joint cependant aussitôt la fonction productive d'étendre la mine et de renverser les difficultés avec le levier de la méthode. C'est ainsi qu'une série d'études analytiques fit reconnaître à feu Félix Savart les causes de la grande supériorité des violons de Stradivarius, et permit à M. Vuillaume, habile luthier de Paris, de fabriquer les excellentes imitations que tout le monde connaît aujourd'hui.

Du reste, l'opinion que nous exprimons est partagée maintenant par un grand nombre d'industriels qui, comme MM. Sax, Cavaillé-Coll, Erard, Daniel Schmit, Roller, Blanchet et Marloye, etc., sont aussi recommandables par leur talent de facteurs que par leurs connaissances acoustiques. Il n'en faut pas plus pour expliquer comment la France est parvenue à faire oublier l'éclat longtemps soutenu de la production et de la vente des instruments de musique en Italie, comment son activité y a trouvé un véritable aliment, comment ces produits ont par leur immense exportation fourni à l'orgueil national un nouveau titre sur lequel le brillant succès obtenu à l'exposition universelle de Londres a attiré l'attention du monde entier.

II. L'acoustique industrielle est la science qui a pour objet l'étude des principes déduits de la connaissance des lois selon lesquelles s'accomplissent les vibrations sonores des corps de formes et de natures différentes, pour les appliquer non-seulement à la construction et au perfectionnement des instruments de musique connus, mais encore à la création d'instruments nouveaux par le timbre et la qualité des sons; et qui, manquant encore, laissent les orchestres actuels impuissants à exécuter les œuvres des grands maîtres avec le charme et le caractère de vérité complet qu'ils comportent.

On y rencontre tout d'abord trois grands ordres de considérations :

Le premier consiste dans le choix des substances et la détermination de l'état auquel elles doivent être amenées pour présenter dans leur emploi un résultat favorable. On y doit tenir compte : 1° de l'homogénéité, sans laquelle il est impossible d'obtenir des effets réguliers de sonorité; 2° de l'ébranlabilité et du degré d'élasticité des corps, par rapport à leur densité; 3° de la moindre altérabilité possible, sous le rapport sonore, par la chaleur ou l'humidité; 4° de l'incorruptibilité relative, sans laquelle il n'est pas de facture si parfaite qui puisse assurer pour un temps satisfaisant le maintien des qualités de l'instrument et sa durée même.

Le second ordre consiste dans la corrélation entre la nature des substances employées et la disposition à donner aux diverses parties de l'instrument. On y doit tenir compte du mode de vibration ainsi que de la direction et de la communicabilité des mouvements vibratoires, par rapport au genre d'ajustement de diverses parties du corps de l'instrument, pour obtenir la plus grande plénitude possible de son; 2° des précautions, soit par disposition convenable des parties vibrantes, soit par étouffement, à l'aide desquelles on peut éviter les consonnances nuisibles; 3° de la plus grande étendue sonale possible à donner à l'instrument; 4° de l'identité du timbre d'éclat et de portée entre tous les sons émissibles par l'instrument; 5° de la facilité et de la rapidité avec laquelle l'exécutant les doit pouvoir tirer tous indifféremment; 6° de leur modulabilité comme liaison tonale et comme énergie; 7° de la simplicité et de la stabilité de l'accord.

Le troisième ordre de considérations consiste dans le rapport des instruments entre eux et les conditions de leur classement en orchestre : 1° Dans une même famille d'instruments l'étendue des sons émissibles par chacun d'eux doit toujours empiéter de quelques tons sur celles de ses voisins en grave et en aigu; 2° les divers instruments d'un orchestre doivent pouvoir porter le son également loin; 3° chaque série ou famille d'instruments correspondant à chaque espèce de timbre, doit pouvoir avec identité complète de timbre et d'éclat donner la suite des huit octaves de tons usités en musique.

Un jour, si des expériences de recherches, entreprises dans le but de découvrir la nature ou cause du timbre, sont couronnées de succès, il sera permis, nous en avons le ferme espoir, de former une échelle de timbres aussi bien définis que les tons de la gamme et les lois rhythmiques. Les conséquences heureuses pour la musique à grand orchestre en seraient immenses.

Enfin qu'il nous soit ici permis de proposer aux inventeurs la voix humaine comme un modèle de perfection qu'il faut sans cesse chercher à atteindre dans la création d'instruments nouveaux. Une étude approfondie de son mécanisme pourra certainement conduire des facteurs intelligents à atteindre sinon la totalité de ses dons, du moins certains d'entre eux, comme 1° la variabilité à volonté du timbre; 2° la vocalisabilité et l'articulabilité de tous les sons variables à l'infini. C'est avec des instruments à vent qu'on a pu tenter d'imiter la voix humaine et l'articulation de la parole; tels sont les essais de Kempelen de Vienne, en Autriche, et autres.

En même temps que la classification des instruments (que l'on trouvera ci-après) nous croyons utile de donner le tableau général des nombres de vibrations, de la série entière des sons musicaux, avec l'étendue tonale du plus grand nombre des instruments usités. Ce tableau comprend les nombres de vibrations, les rapports de ces nombres et des longueurs des ondes, 1° en mètres, à la température de 10°, d'après les expériences de 1822; 2° en pieds, à la température de 0°, en supposant la vitesse du son égale à 1024 pieds par seconde au lieu de 1026, conformément aux expériences de 1738.

avant J.-C. l'empereur Hoang-ti ordonna à son ministre Ling-Lun de déterminer les règles de la musique et de faire servir le *lu* ou tuyau diapason des Chinois de base au système des poids et mesures. Voir Adrien Delafage, *Histoire de la musique et de la danse*.)

 MUSIQUE.

ÉTENDUE GÉNÉRALE.

saxhorn contre-basse à 5 cylindres en mi ♭
contre-basse à 4 cordes
contre-basse à 3 cordes
saxhorn-basse à 4 cylindres en si ♭
saxo-tromba ténor en mi ♭
harpe
ophicléide-basse
serpent
cor tel qu'on l'entend
violoncelle
trombonne ou buccin
cornet à cylindre de Sax
saxhorn baryton en si ♭
basse
basse-taille
haute-contre
ténor
alto
lyre ou guitare
sistre
trombonne-alto
ophicléide-alto
trompette
trompette à pistons
cor anglais fa
clarinette en ut
petite clarinette en mi ♭
second dessus
violon
mandoline
basson
petite clarinette en fa
trompette à clefs
premier dessus
contre-basse à 4 cordes

SONS.	RAPPORTS des nombres de vibrations	NOMBRES de vibrations.	LONGUEUR des ondes à la température de 10° ; expérience de 1822.	LONGUEUR des ondes à la vitesse de 1,021 pieds en 1″.		
OCTAVE −2. (Premier UT de l'orgue.)						
			m.	pds.	po.	lig.
ut −2	0,25000	32 »	10,5375	32	»	»
ut ♯ −2	0,26041	33,33...	10,1160	30	8	7,68
re ♭ −2	0,27000	34,56	9,7569	29	7	6,67
re −2	0,28125	36 »	9,3667	28	5	4
re ♯ −2	0,29297	37,50	8,9920	27	3	8,16
mi ♭ −2	0,30000	38,40	8,7812	26	8	»
mi −2	0,31250	40 »	8,4300	25	7	2,40
mi ♯ −2	0,32552	41,66...	8,0928	24	6	10,88
fa ♭ −2	0,32000	40,96	8,2325	25	»	»
fa −2	0,33333	42,66	7,9031	24	»	»
fa ♯ −2	0,34722	44,44	7,5870	23	0	5,76
sol ♭ −2	0,36000	46,08	7,3177	22	2	8
sol −2	0,37500	48 »	7,0250	21	4	»
sol ♯ −2	0,39062	50 »	6,7440	20	5	9,12
la ♭ −2	0,40000	51,20	6,5859	20	»	»
la −2	0,41666	53,33...	6,3225	19	2	4,80
la ♯ −2	0,43403	55,55...	6,0696	18	8	2,22
si ♭ −2	0,45000	57,60	5,8542	17	9	4
si −2	0,46875	60 »	5,6200	17	0	9,60
si ♯ −2	0,48828	62,50	5,3952	16	4	7,36
ut ♭ −1	0,48000	61,44	5,4883	16	8	»
OCTAVE −1.						
ut −1	0,50000	64 »	5,2687	16	»	»
ut ♯ −1	0,52083	66,66...	5,0580	15	4	3,84
re ♭ −1	0,54000	69,12	4,8784	14	9	9,33
re −1	0,56250	72 »	4,6833	14	2	8
re ♯ −1	0,58594	75 »	4,4960	13	7	10,08
mi ♭ −1	0,60000	76,80	4,3906	13	4	»
mi −1	0,62500	80 »	4,2150	12	9	7,20
mi ♯ −1	0,65104	83,33...	4,0464	12	3	5,44
fa ♭ −1	0,64000	81,92	4,1162	12	6	»
fa −1	0,66666	85,33...	3,9515	12	»	»
fa ♯ −1	0,69444	88,88	3,7935	11	8	2,88
sol ♭ −1	0,72000	92,16	3,6588	11	1	4
sol −1	0,75000	96 »	3,5125	10	8	»
sol ♯ −1	0,78125	100 »	3,3720	10	2	10,56
la ♭ −1	0,80000	102,40	3,2929	10	»	»
la −1	0,83333	106,66...	3,1612	9	7	2,40
la ♯ −1	0,86805	111,11...	3,0348	9	2	7,11
si ♭ −1	0,90000	115,20	2,9271	8	10	8
si −1	0,93750	120 »	2,8100	8	6	4,80
si ♯ −1	0,97656	125 »	2,6976	8	2	3,08
ut ♭ 1	0,96000	122,88	2,7441	8	4	»
OCTAVE 1. (Premier UT de la basse.)						
ut 1	1,00000	128 »	2,6343	8	»	»
ut ♯ 1	1,04166	133,33...	2,5290	7	8	1,92
re ♭ 1	1,08000	138,24	2,4392	7	4	10,67
re 1	1,12500	144 »	2,3416	7	1	4
re ♯ 1	1,17187	150 »	2,2480	6	9	11,04
mi ♭ 1	1,20000	153,60	2,1953	6	8	»
mi 1	1,25000	160 »	2,1075	6	4	9,60
mi ♯ 1	1,30208	166,66...	2,0232	6	1	8,72
fa ♭ 1	1,28000	163,84	2,0581	6	3	»
fa 1	1,33333	170,66...	1,9757	6	»	»
fa ♯ 1	1,38888	177,77...	1,8967	5	9	1,44
sol ♭ 1	1,44000	184,32	1,8294	5	6	8
sol 1	1,50000	192 »	1,7562	5	4	»
sol ♯ 1	1,56250	200 »	1,6860	5	1	5,28
la ♭ 1	1,60000	204,80	1,6464	5	»	»
la 1	1,66666	213,33	1,5806	4	9	7,20
la ♯ 1	1,73611	222,22	1,5174	4	7	3,55
si ♭ 1	1,80000	230,40	1,4635	4	5	4
si 1	1,87500	240 »	1,5050	4	3	2,40
si ♯ 1	1,95312	250 »	1,3488	4	1	1,84
ut ♭ 2	1,92000	245,76	1,3720	4	3	»
OCTAVE 2. (Premier UT de l'alto.)						
ut 2	2,00000	256 »	1,3171	4	»	»
ut ♯ 2	2,08333	266,66	1,2645	3	10	0,96
re ♭ 2	2,16000	276,48	1,2196	3	8	5,33
re 2	2,25000	288 »	1,1708	3	6	8
re ♯ 2	2,34375	300 »	1,1240	3	4	11,52
mi ♭ 2	2,40000	307,20	1,0976	3	4	»
mi 2	2,50000	320 »	1,0537	3	2	4,80
mi ♯ 2	2,60416	333,33...	1,0116	3	0	10,36
fa ♭ 2	2,56000	327,68	1,0290	3	1	6
fa 2	2,66666	341,33...	0,9878	3	»	»
fa ♯ 2	2,77777	355,55...	0,9483	2	10	6,72
sol ♭ 2	2,88000	368,64	0,9147	2	9	4
sol 2	3,00000	384 »	0,8781	2	8	»
sol ♯ 2	3,12500	400 »	0,8430	2	6	8,64
la ♭ 2	3,20000	409,60	0,8232	2	6	»
la 2	3,33333	426,66...	0,7903	2	4	9,60
la ♯ 2	3,47222	444,44...	0,7587	2	3	7,78
si ♭ 2	3,60000	460,80	0,7317	2	2	8
si 2	3,75000	480 »	0,7025	2	1	7,20
si ♯ 2	3,90625	500 »	0,6744	2	»	6,91
ut ♭ 3	3,84000	491,52	0,6860	2	1	»

ÉTENDUE GÉNÉRALE.

grande flûte. — hautbois. — contre-basse à 3 cordes. — basse. — saxhorn-basse à 4 cylindres en si♭. — saxhorn baryton en si♭. — saxo-tromba ténor en mi♭. — cornet à cylindre de Sax. — saxhorn contre-basse à 5 cylindres en mi♭. — basse-taille. — trombone ou buccin. — cor. — haute-contre. — ophicléide-basse, basson, serpent. — cor tel qu'on le note. — second dessus. — violoncelle. — premier dessus. — trompette. — petite trompette à clefs. — trombone à pistons. — cor anglais fa ou ré. — mandoline. — sistre. — lyre ou guitare. — alto. — ophicléide-alto. — trombone-alto. — hautbois. — grande flûte. — petite clarinette en mi♭. — petite clarinette en fa. — clarinette en ut. — harpe. — violon. — flageolet. — petite flûte. — flûte. — petite flûte de l'octave.

SONS.	RAPPORTS des nombres de vibrations	NOMBRES de vibrations.	LONGUEUR des ondes à la température de 10° ; expérience de 1822	LONGUEUR des ondes à la vitesse de 1,024 pieds en 1″.		
OCTAVE 3. (Premier UT de violon.)						
			m.	pds.	po.	lig.
ut 3	4,00000	512 »	0,6383	2	»	»
ut♯ 3	4,16666	533,33...	0,6322	1	11	0,48
re♭ 3	4,32000	552,96	0,6098	1	10	2,67
re 3	4,50000	576 »	0,5854	1	9	4
re♯ 3	4,68750	600 »	0,5620	1	8	5,76
mi♭ 3	4,80000	614,40	0,5488	1	8	»
mi 3	5,00000	640 »	0,5268	1	7	2,40
mi♯ 3	5,20833	666,66	0,5058	1	6	5,18
fa♭ 3	5,12000	655,36	0,5145	1	6	9
fa 3	5,33333	682,66...	0,4939	1	6	»
fa♯ 3	5,55555	711,11...	0,4741	1	5	3,36
sol♭ 3	5,76000	737,28	0,4573	1	4	8
sol 3	6,00000	768 »	0,4395	1	4	»
sol♯ 3	6,25000	800 »	0,4215	1	3	4,32
la♭ 3	6,40000	819,20	0,4116	1	3	»
la 3 (*)	6,66666	853,33...	0,3951	1	2	4,80
Diap. des Italiens	....	874 »	» »	»	»	»
— de l'Opéra	....	862 »	» »	»	»	»
la♯ 3	6,94444	888,88	0,3793	1	1	9,89
si♭ 3	7,20000	921,60	0,3658	1	1	4
si 3	7,50000	960 »	0,3512	1	0	9,60
si♯ 3	7,81250	1000 »	0,3372	1	0	3,46
ut♭ 4	7,68000	983,04	0,3430	1	0	6
(*) *La* du diapason.						
OCTAVE 4.						
ut 4	8,00000	1024	0,3292	1	»	»
ut♯ 4	8,33333	1066,66	0,3161	»	11	6,24
re♭ 4	8,64000	1105,92	0,3049	»	11	1,33
re 4	9,00000	1152, »	0,2927	»	10	8
re♯ 4	9,37500	1200 »	0,2810	»	10	2,88
mi♭ 4	9,60000	1228,80	0,2744	»	10	»
mi 4	10,00000	1280 »	0,2634	»	9	7,20
mi♯ 4	10,41666	1333,33...	0,2529	»	9	2,89
fa♭ 4	10,24000	1310,72	0,2572	»	9	4,50
fa 4	10,66666	1365,33	0,2469	»	9	»
fa♯ 4	11,11111	1422,22...	0,2370	»	8	7,68
sol♭ 4	11,52000	1474,56	0,2286	»	8	4
sol 4	12,00000	1536 »	0,2197	»	8	»
sol♯ 4	12,50000	1600 »	0,2107	»	7	8,16
la♭ 4	12,80000	1638,40	0,2058	»	7	6
la 4	13,33333	1706,66...	0,1975	»	7	2,40
la♯ 4	13,88888	1777,77...	0,1896	»	6	10,94
si♭ 4	14,40000	1843,20	0,1829	»	6	8
si 4	15,00000	1920 »	0,1756	»	6	4,80
si♯ 4	15,62500	2000 »	0,1686	»	6	1,73
ut♭ 5	15,36000	1966,80	0,1715	»	6	3
OCTAVE 5.						
ut 5	16,00000	2048 »	0,1646	»	6	»
ut♯ 5	16,66666	2133,33...	0,1580	»	5	9,12
re♭ 5	17,28000	2211,84	0,1524	»	5	6,67
re 5	18,00000	2304 »	0,1463	»	5	4
re♯ 5	18,75000	2400 »	0,1405	»	5	1,44
mi♭ 5	19,20000	2457,60	0,1372	»	5	»
mi 5	20,00000	2560 »	0,1317	»	4	9,60
mi♯ 5	20,83333	2666,66...	0,1264	»	4	7,20
fa♭ 5	20,48000	2621,44	0,1286	»	4	8,25
fa 5	21,33333	2730,66...	0,1234	»	4	6
fa♯ 5	22,22222	2844,44	0,1185	»	4	2,84
sol♭ 5	23,04000	2949,12	0,1143	»	4	2
sol 5	24,00000	3072 »	0,1098	»	4	»
sol♯ 5	25,00000	3200 »	0,1053	»	3	10,08
la♭ 5	25,60000	3276,80	0,1029	»	3	9
la 5	26,66666	3413,33...	0,0987	»	3	7,20
la♯ 5	27,77777	3555,55	0,0948	»	3	5,47
si♭ 5	28,80000	3686,40	0,0914	»	4	»
si 5	30,00000	3840 »	0,0878	»	3	2,40
si♯ 5	31,25000	4000 »	0,0843	»	3	0,68
ut♭ 6	30,72000	3932,16	0,0857	»	3	1,30
OCTAVE 6.						
ut 6	32,00000	4096 »	0,0823	»	3	»
ut♯ 6	33,33333	4266,66...	0,0790	»	2	10,56
re♭ 6	34,56000	4423,68	0,0762	»	2	9,33
re 6	36,00000	4608 »	0,0731	»	2	8
re♯ 6	37,50000	4800 »	0,0702	»	2	6,72
mi♭ 6	38,40000	4915,20	0,0686	»	2	6
mi 6	40,00000	5120 »	0,0658	»	2	4,40
mi♯ 6	41,66666	5333,33...	0,0632	»	2	3,05
fa♭ 6	40,96000	5242,88	0,0643	»	2	4,12
fa 6	42,66666	5461,33...	0,0617	»	2	3
fa♯ 6	44,44444	5688,88...	0,0592	»	2	1,92
sol♭ 6	46,08000	5898,24	0,0571	»	2	1
sol 6	48,00000	6144 »	0,0549	»	2	»
sol♯ 6	50,00000	6400 »	0,0526	»	1	11,04
la♭ 6	51,20000	6553,60	0,0514	»	1	10,56
la 6	53,33333	6826,66	0,0493	»	1	9,60
la♯ 6	55,55555	7111,11...	0,0474	»	1	8,73
si♭ 6	57,60000	7372,80	0,0457	»	1	8
si 6	60,00000	7680 »	0,0439	»	1	7,30
si♯ 6	62,56666	8000 »	0,0421	»	1	6,43
ut♭ 7	61,44666	7864,32	0,0428	»	1	6,75
ut 7	64,00000	8192 »	0,0411	»	1	6

Classification des instruments de musique.

I. L'ordre de classement des instruments de musique dépend du point de vue sous lequel on les envisage. Considérés d'une manière générale, on peut les diviser en deux grandes catégories, qui sont : les instruments à sons continus qui se divisent eux-mêmes en deux classes, savoir : 1° les instruments à vent (1), comprenant :

- FLUTES
  - Simples
    - flûte de pan.
    - serinette.
    - jeux de tuyaux simples d'orgues d'églises et des orgues de barbarie.
  - A trous ou à clefs
    - flûtes à sacrifice.
    - flageolets.
    - flûtes traversières.
    - fifres ou flûtets.
- A ANCHES
  - Lames métalliques
    - guimbarde ou rebute.
    - cheng des chinois.
    - jeux d'anches des orgues d'églises et de barbarie.
    - harmonicas à anches.
    - accordéons.
    - mélophone.
    - orgues expressifs.
  - Cordes
    - harpe éolienne ou anémochorde.
    - éolicorde à touches d'Izoard.
    - piano éolien d'Izoard.
  - Roseau et tuyaux à trous ou à clefs
    - chalumeaux.
    - cornemuses.
    - musettes.
    - hautbois.
    - bassons.
    - clarinettes.
    - saxophones.
  - Lèvres avec bocal
    - simples
      - buccin.
      - clairon.
      - trompette.
      - cornet de chasse.
      - cor ou trompe de chasse.
    - à rallonges
      - à coulisses
        - trombones.
      - à pistons ou à cylindres
        - cornets à pistons.
        - cors d'harmonie.
        - trombone à pistons.
        - saxhorns.
    - à trous ou à clefs
      - trompettes à clefs.
      - serpents d'églises.
      - ophicléïdes.

Complexes. Appareils logophoniques de Kempelen et autres.

2° Les instruments et archets à frottement, savoir :

- A cordes et à archets
  - trompette marine.
  - violons à une seule corde de tous les peuples primitifs ou sauvages.
  - rebecs.
  - pochettes.
  - violinos.
  - violons.
  - altos.
  - violes.
  - violoncelles ou basses.
  - contre-basse.
- A sons renforcés roue-archet archet et à cordes
  - vielles.
  - xenorphica de Rœllig et Mathias Müller, ou orchestrino de Thomas Kungen.
- A archet et à tiges d'acier
  - violon de fer.
- A roue-archet à lames ou verges
  - euphons et clavicylindres de Chladni et de M. Marloye.
- Non renforcé à doigt frottant
  - harmonica, en verre, de B. Franklin.

II. En second lieu, les instruments à sons discontinus ou instantanés qui se divisent : 1° en instruments à percussion, qui sont :

Claquettes.
Courroies à claquer.
Tambours de basque et caisses de toutes dimensions.
Tymbales.
Tamtams.
Cymbales.
Castagnettes.
Timbres.
Cloches.
Chapeaux chinois et grelots.
Carillons.
Triangles.
Cistre d'Isis.
Kings ou carillon à pierres sonores des Chinois.
Xylorganons ou échelles de Saint-Domingue.
Glaschords ou harmonicas à lames de verre.
Trocléons.
Boîtes de musique de Genève.
Tympanons.
Pianos.

2° Les instruments à cordes pincées qui comprennent :

Lyres.
Cithares.
Kins des Chinois.
Vinas des Hindous.
Colachons.
Sistres.
Mandolines.
Guitares.
Mandore.
Luths.
Angéliques.
Pandores.
Théorbes.
Psaltérium ou nebel des Juifs.
Harpes.
Épinettes et clavecins où les sautereaux remplacent les ongles.

Au point de vue scientifique, il faudrait les diviser en instruments soumis aux lois des vibrations longitudinales des corps. Tels sont : 1° ceux à vent et à tuyaux ; 2° à verges frottées longitudinalement comme le clavicylindre de Chladni, l'euphon de Chladni et de M. Marloye.

Et en instruments soumis aux lois des vibrations transversales des corps, comprenant : 1° tous les instruments à percussion ; 2° tous les instruments à cordes pincées ou frappées ; 3° tous les instruments à cordes et à archets ; 4° le violon de fer ; 5° les anches simples. Mais au point de vue industriel comme le comporte, du reste, le but de cet ouvrage, il est préférable de les diviser par ordre de similitude de procédés de fabrication, ainsi qu'il suit :

1° Facture des orgues d'église.
— orgues de barbarie.
— serinettes.
— orgues expressifs.
— accordéons.
— mélophones.

(1) Instruments à eau : les Romains avaient l'hydroleum ou orgue hydraulique, appelées depuis hydraules, qui se composaient de tuyaux-flûtes résonnants par l'eau.

2° Facture des instruments à vent, en cuivre et en bois.

Trompettes, cors, trombones.
Cornets à pistons ou cylindres.
Saxhorns-saxophones.
Trompettes à clefs, ophicléïdes.
Serpents d'église, basson, hautbois.
Clarinettes, cors anglais, musettes.
Flûtes traversières, flageolets.

3° Lutherie ou fabrication des :

Violons, alto-violes, violoncelles, contre-basses, vielles, xenorphica.
Guitare, sistre, luth, mandoline.
Harpes.
Pianos de tous genre.
Pianos éolien et éolichorde.

4° Fabrication des tambours.

Tambours de basque, tambours et caisses de toutes dimensions.

5° Fabrication de tamtams et cymbales.

6° Fonderie.

Cloches de timbres, sonnettes et grelots.

7° Fabrication de :

Sonneries en ressorts, — chapeaux chinois tro-cléons, — glaschords ou régales, — échettes, peignes de musique de Genève, — violons de fer, clavicylindres, — euphons de Cladni ou de Marloye, — harmonica de Franklin et castagnettes.

7° Industrie auxiliaire, fabrication :

1° De touches et mécanismes pour pianos, orgues, etc.

2° De cylindres, de clefs d'instruments, etc.

J. SILBERMANN.

MUTAGE. Le mutage est une opération qui a pour but de prévenir la fermentation des matières sucrées, ou d'arrêter ses progrès dans des liqueurs déjà plus ou moins vineuses.

Les substances qui servent au mutage sont l'acide sulfureux et les sulfites alcalins ou terreux. Tantôt on verse une dissolution de ces derniers dans les liquides qu'il s'agit de conserver, tantôt on fait brûler des mèches soufrées dans l'intérieur des futailles, que l'on imprègne ainsi d'acide sulfureux. La substitution des sulfites acides de chaux ou de soude aux mèches soufrées est d'autant plus convenable que souvent la combustion de ces dernières n'a pas lieu, en raison de l'acide carbonique dont les fûtailles sont remplies.

MYRICINE. Partie de la cire des abeilles insoluble dans l'alcool, et qui en forme les 30 à 40 pour 100.

MYRRHE. La myrrhe est une gomme résine qui se présente en larmes de différentes grosseurs; elles sont d'un brun rougeâtre, à demi-transparentes, fragiles, d'une cassure brillante, paraissent onctueuses sous le pilon; leur goût est âcre et amer et leur odeur forte, mais non désagréable. La myrrhe vient des incisions d'un arbre qui n'est pas bien connu, et qui croît dans l'Arabie et l'Abyssinie; on a pensé que c'était une espèce d'*amyris* ou *mimosa*. Elle n'est employée que dans la médecine.

N

NACRE DE PERLES. Substance secrétée dans l'intérieur des coquilles de certains mollusques, et qui même se réunit en grains qu'on nomme PERLES. Elle est fournie par une espèce d'huître, l'*avicula margaritifera* ou *mytilus margaritiferus*, que l'on pêche principalement à Ceylan, dans le golfe Persique, près Ormus, au cap Comorin, et dans les mers de l'Océanie. La coquille est assez régulière, brune et très écailleuse en dehors : ce sont des plongeurs qui vont recueillir ces coquilles au fond de la mer. On les envoie en Europe après les avoir sciées et débarrassées des parties qui sont privées de nacre.

La nacre est très dure et très difficile à travailler. On la taille à l'aide de petites scies, de limes fines et d'acide sulfurique affaibli; on la polit à l'émeri, et on termine avec le colcothar.

On importe annuellement en France environ 400,000k de nacre, ayant une valeur de un million de francs.

NAPHTE. Liquide incolore, d'une odeur bitumineuse, presque sans saveur, soluble en toutes proportions dans l'alcool absolu et dans l'éther, insoluble dans l'eau et d'une densité = 0,753. Il bout à 85°. C'est un carbure d'hydrogène très inflammable. Le naphte dissout en toutes proportions les huiles fixes et les huiles essentielles. Il dissout aussi, mais en moindre quantité, le soufre, le phosphore, l'iode, la gomme laque et le copal; il est employé pour conserver le potassium et les autres métaux très oxydables; il sert quelquefois pour l'éclairage et la préparation de certains vernis.

Le naphte est un produit naturel qu'on trouve dans un assez grand nombre de pays. Au moment où il sort de terre, il n'est jamais pur : on l'obtient à cet état par plusieurs rectifications successives.

NATRON. Voyez SOUDE.

NAVIGATION. Le vent et la vapeur sont les deux moteurs employés pour la navigation.

Les voiles des bâtiments, par leur forme et le mécanisme qui les lie à la mature, peuvent recevoir le vent, quand bien même sa direction et celle de la route du navire font un angle aigu, qui varie suivant la construction plus ou moins bonne du bâtiment, mais qui ne doit jamais être plus petit que 60 à 70 degrés.

L'action du vent sur les voiles est représentée par deux forces, dont l'une agit perpendiculairement à la surface de la voile, et l'autre dans le plan de la voile. Lorsque les voiles font un angle droit avec la direction du bâtiment, la force qui agit perpendiculairement à leur surface tend en entier à faire glisser le bâtiment à la surface de la mer. Lorsque les voiles ne sont pas perpendiculaires à la quille du bâtiment, la force du vent normale à la voile donne deux forces composantes, dont l'une est parallèle, et l'autre perpendiculaire à la quille du bâtiment. Or, plus la direction des voiles se rapproche de celle de la quille, plus la force agissant perpendiculairement à la surface de la quille est grande.

A mesure que le vent se rapproche par sa direction de devenir directement opposé à celle de la route du navire, on est obligé de donner aux voiles une inclinaison de plus en plus grande par rapport à la quille, et alors la force qui tend à entraîner le vaisseau par le

travers devient de plus en plus grande, tandis que celle qui tend à le faire marcher dans le sens de la quille devient de plus en plus petite.

De ces deux forces combinant leurs efforts, il résulte que le vaisseau ne suit pas toujours la direction dans laquelle se trouve la quille, mais bien une direction intermédiaire. L'angle que fait la route réelle suivie par le vaisseau avec la quille s'appelle *dérive*.

Pour apprécier la dérive, on mesure l'angle que fait la quille du bâtiment avec le *sillage*. Le sillage est toujours facile à reconnaître au remous imprimé à la surface des eaux par le passage du bâtiment. Toutefois cette appréciation n'a lieu, en général, que d'une manière approchée.

La direction de la quille du navire est donnée par la boussole; l'aiguille aimantée se dirige rarement dans le méridien; l'angle qu'elle fait avec la ligne nord et sud s'appelle, dans le langage des marins, *variation*. La variation n'est point constante; elle varie sur les différents lieux du globe; il n'est même pas possible d'en faire des tables fixes accusant sa valeur pour chaque point défini par la longitude et la latitude; car, dans un même lieu, elle varie d'une année à l'autre, et suivant des lois à peu près inconnues. Mais les marins ont toujours possibilité de la calculer par des observations faites sur les astres, et le calcul de la variation est, comme celui de la latitude et de la longitude, essentiel à la direction du bâtiment.

La distance parcourue par le bâtiment à la surface de la mer s'estime au moyen du loch; cet instrument grossier consiste dans un secteur en bois lesté avec du plomb, de manière à ce qu'il reste constamment perpendiculaire à la surface des eaux dans lesquelles il plonge presque en entier. A cette planche triangulaire se trouve fixée une corde divisée, de distance en distance, en nœuds et dixièmes de nœuds : le nœud comporte un espace de 15 mètres. Lorsque l'on veut estimer la distance, on jette à la mer le loch qui reste stationnaire à la surface de l'eau, et la ligne à laquelle il se trouve lié se déroule proportionnellement à la vitesse du bâtiment. Si on compte le nombre de nœuds qui passent dans la main de l'observateur pendant l'espace d'une demi-minute, on aura l'espace parcouru par le navire pendant ce laps de temps; et, en supposant la vitesse du navire uniforme pendant une heure, il suffira de multiplier ce résultat par 120 pour connaître l'espace parcouru pendant cet intervalle. Il résulte des longueurs relatives du nœud et du mille, que, toutes les fois qu'un bâtiment parcourt un certain nombre de nœuds dans la demi-minute, il parcourt le même nombre de milles dans une heure. Dire qu'un navire file six nœuds signifie qu'il parcourt six milles à l'heure, pourvu toutefois qu'il conserve toujours la même vitesse.

Le loch, tel qu'il est encore généralement employé, est loin de toujours assurer la route avec exactitude; en outre, il exige constamment le travail de deux personnes pour l'observer. Il serait temps que la marine employât des instruments destinés à atteindre le même but, et qui fussent plus parfaits. Les Anglais ont adopté, depuis quelque temps, à bord de plusieurs de leurs navires, un loch dit *patent log*, qui fait connaître à chaque instant le nombre de nœuds parcourus pendant un espace de temps déterminé.

La pièce principale de ce loch est un cylindre autour duquel s'enroule une surface héliçoïdale. A l'une des extrémités du cylindre, on attache une corde; cette corde sert à mettre en communication le loch avec un système d'aiguilles qui se meuvent sur des cadrans indicateurs.

Lorsqu'on jette le loch à la mer, il tend par son poids à aller au fond; mais, grâce à la vitesse du navire, il est fortement tiré par la corde à laquelle il se trouve lié, et qui imprime la même vitesse que celle du navire. Alors, obéissant à ce mouvement de traction qui ne s'exerce que sur une de ces extrémités, le cylindre se maintient dans une position à peu près horizontale, et la surface heliçoïdale, en venant frapper l'eau, lui imprime un mouvement de rotation d'autant plus rapide que la vitesse du bâtiment est plus grande. Ce mouvement de rotation se communique par la torsion de la corde aux aiguilles, dont tous les mouvements sont indiqués par des cadrans gradués.

Le loch de M. Clément, qui se trouve actuellement en expérimentation sur plusieurs bâtiments de la flotte française, conduit aux mêmes résultats, bien qu'il soit fondé sur un principe différent. Il consiste dans une boule fixée dans la partie plongeante du bâtiment. Suivant que le navire atteindra une vitesse plus ou moins grande, cette boule éprouvera, de la part de l'eau qu'elle sera obligée de heurter sur son passage, une résistance plus ou moins grande. Au moyen d'un mécanisme fort ingénieux, la pression que supporte cette boule se trouve aussi indiquée par des aiguilles qui se meuvent sur des cadrans, et qui accusent à chaque instant, comme le *patent log*, non seulement la vitesse du bâtiment pour un instant quelconque, mais encore le nombre de milles parcourus dans un intervalle de temps défini.

Lorsque l'on connaît la direction suivie par le navire depuis le lieu de départ, et le nombre de milles qu'il a parcourus, on peut toujours apprécier sa position sur le globe. Toutefois les moyens que nous venons de décrire ne sauraient tenir compte de l'action des courants, qui agissent à la surface des mers dans tous les sens; en outre, on conçoit qu'il doit bien souvent se glisser des erreurs graves dans une estimation faite avec des moyens si peu précis. Aussi, en général, les navigateurs sont obligés d'interroger les astres, pour connaître leur position avec exactitude, toutes les fois qu'ils le peuvent. (Voyez LONGITUDE et LATITUDE.)

Au moyen de la longitude et de la latitude, le navigateur peut toujours connaître le point où il se trouve; l'estime, faite au moyen du loch et de la boussole, lui indique l'action du courant; il ne lui reste donc plus à connaître que la direction de la route qu'il doit tenir pour arriver sûrement au but qu'il veut atteindre.

Le plus court chemin d'un point à un autre sur la sphère est l'arc de grand cercle passant par ces deux points; mais tout arc de grand cercle, sauf l'équateur, fait avec chacun des méridiens des angles différents. Si un navire partant d'un point devait parcourir un arc de grand cercle, il faudrait à chaque instant rectifier sa direction, ce qui entraînerait des difficultés insurmontables. Or, sur une sphère, on peut toujours tracer d'un point à un autre une courbe à double courbure jouissant de la propriété de faire avec chaque méridien le même angle; cette courbe s'appelle *loxodromie*. C'est la courbe que suivrait un bâtiment, s'il courait toujours dans le même aire de vent, c'est-à-dire en faisant le même angle avec chacun des méridiens qu'il rencontre. Cette courbe affecte la forme d'une spirale, allant constamment, en se rapprochant, du point qu'il s'agit d'atteindre. Le calcul démontre que, pour deux points même suffisamment éloignés, la grandeur de l'arc loxodromique compris entre les deux méridiens passant par ces deux points diffère peu de l'arc de grand cercle passant par ces deux points; c'est toujours cet arc loxodromique que les navigateurs cherchent à faire parcourir aux bâtiments pour aller d'un point à un autre. Voici, en effet, le moyen employé pour trouver sa route lorsqu'on est à la mer.

On observe la longitude et la latitude, et ensuite on fait son point sur la carte (voyez HYDROGRAPHIE). On joint ensuite par une ligne droite le point que l'on vient de marquer sur la carte, et où se trouve le na-

seau, avec le point où l'on veut arriver. Cette ligne est la projection de la courbe loxodromique, et l'angle que cette droite fait avec la projection des méridiens est l'angle réel que la direction du vaisseau doit faire avec le méridien pour la parcourir. Or, l'on connaît la variation; l'on peut mesurer sur la carte l'angle loxodromique, et on en déduit la direction que la quille doit faire avec l'aiguille aimantée, c'est-à-dire le cap du navire.

Si, en effet, la variation ne changeait pas; si les courants et les écarts continus du navire, qu'il est toujours difficile de tenir exactement dans la même direction, ne tendaient pas à le faire sortir de la route qui lui est tracée, il arriverait directement très près du lieu que l'on veut atteindre en suivant la courbe loxodromique; mais, à cause de toutes ces erreurs, le navigateur doit toujours, à des intervalles assez rapprochés, observer sa longitude et latitude pour rectifier, ainsi que nous venons de le dire, la direction du bâtiment.

Enfin, souvent le vent s'oppose à ce que le bâtiment prenne la route directe; alors il est obligé de louvoyer. Dans ce cas, la route est toujours très difficile à estimer, à cause de la dérive qui est souvent considérable, et enfin parce que l'on ne peut apprécier d'une manière exacte non seulement tout ce que font perdre les variations du vent dans sa direction, mais encore le terrain perdu dans chaque évolution du vaisseau, lorsqu'il est obligé de virer de bord.

Les louvoyages ne sont, en effet, profitables qu'autant que les bords, c'est-à-dire les distances parcourues en zig-zag perpendiculairement à la direction du vent, sont d'une bonne grandeur. Un bâtiment est toujours en danger lorsque, surpris près des terres, il se trouve exposé à un vent violent qui le pousse à la côte. Par les mauvais temps, en effet, la solidité de la mâture ne permet que rarement d'établir beaucoup de voiles. Alors le vent, agissant avec toute sa force sur la masse du bâtiment, donne lieu à de fortes dérives faiblement compensées déjà par ce que l'on peut gagner par le louvoyage; et lorsque, en outre, les contours de la côte forcent le bâtiment à changer souvent d'allure en virant de bord, à chaque évolution il se trouve entraîné dans la direction du danger. Bientôt il ne lui restera d'autres ressources que celles de mouiller les ancres, qui soutiendront difficilement les efforts puissants d'un bâtiment ballotté à chaque instant par la grosse mer. Cette ressource extrême ne lui est même pas toujours accordée; car il peut arriver que, très près du danger, le fond soit trop profond pour permettre de l'atteindre avec une ancre. V. DUMOULIN.

NICKEL. Le nickel est un métal découvert, en 1751, par Cronstedt; il a beaucoup d'analogie avec le cobalt, et se trouve presque toujours dans les mêmes minerais. En réduisant l'oxyde du nickel par le charbon à une très haute température, on obtient le métal sous la forme d'un culot compacte et fondu, qui est allié à une faible quantité de carbone. Dans cet état, il est d'un blanc-gris, à peu près comme le platine, à cassure crochue. En le travaillant avec précaution à chaud, on peut le forger et le réduire en lames; il prend alors la structure fibreuse. Il a à peu près la dureté du fer, se polit aisément, et acquiert alors beaucoup d'éclat. Fondu, sa densité = 8,402, et par l'écrouissage, elle s'élève à 8,882.

Le nickel ne s'oxyde pas à l'air à la température ordinaire. Chauffé au rouge, il s'oxyde lentement à l'air, et décompose la vapeur d'eau, mais moins rapidement que le fer. Les acides minéraux le dissolvent aisément. Il précipite de leurs dissolutions l'argent, le cuivre, etc., et se combine directement avec le chlore, le soufre, le sélénium, le phosphore et l'arsenic.

Le nickel s'allie très bien avec le fer, le cobalt, le cuivre, l'antimoine, le zinc, l'étain, etc. On le trouve allié avec le fer dans les aérolithes. Parmi ces alliages, ceux qu'il forme avec le zinc et le cuivre, et qui portent le nom d'*argentan*, *packfong* ou *maillechort*, sont très employés dans les arts; ce qui nous engage à indiquer les proportions des principaux alliages de cette nature que l'on fabrique en Angleterre. (Voir notre note, *Annales des Mines* pour 1844, t. VI, p. 501). Ce sont :

1° *Argentan ordinaire.* Cuivre, 8 p.; nickel, 2 p.; zinc, 3 p. 1/2. Cette composition donne l'argentan de qualité inférieure, qui a souvent une teinte jaunâtre; on l'emploie pour la fabrication des fils et autres articles communs. Si l'on diminue encore la proportion de nickel, l'alliage obtenu ne vaut guère mieux que du laiton peu coloré, et se ternit aisément à l'air.

2° *Argentan blanc.* Cuivre, 8 p.; nickel, 3 p., zinc, 3 p. 1/2. Cette belle composition imite l'argent à 750 millièmes et est très employée.

3° *Electrum.* Cuivre, 8 p.; nickel, 4 p.; zinc, 3 p. 1/2. Cette composition mérite la préférence sur toutes les autres; elle a la teinte de l'argent bruni, et se ternit beaucoup moins à l'air.

4° Cuivre, 8 p.; nickel, 6 p.; zinc, 3 p. 1/2. C'est la composition la plus riche en nickel qui puisse être travaillée à froid. Elle ne laisse rien à désirer sous le rapport de la beauté et de l'éclat, mais elle est difficile à fondre, et présente quelques difficultés dans son élaboration.

5° *Tutenag.* Cuivre, 8 parties; nickel, 3 p.; zinc, 5 p. 1/2. C'est à très peu près la composition d'une qualité ordinaire de packfong, que l'on tirait autrefois de la Chine. Cet alliage est très dur et assez difficile à laminer; il convient surtout pour la fabrication d'objets moulés.

6° *Soudure pour l'argentan.* Argentan n° 1, 5 parties; zinc, 4 p. On coule cet alliage en plaques minces que l'on pulvérise ensuite; il est difficile à réduire en poudre, et ses fragments offrent une texture matte et quelque peu fibreuse. Ils deviennent aigres et brillants par un excès de zinc, et ductiles par défaut de ce métal.

On fond ces alliages dans des petits creusets fermés, en les recouvrant d'un mélange de houille pilée et de suif, et on les coule dans des lingotières en métal, légèrement échauffées et flambées à la lampe.

Oxydes de nickel. Les oxydes de nickel sont très facilement réduits par l'hydrogène, le carbone, le soufre, le phosphore et l'arsenic.

Le *protoxyde* est d'un beau vert tirant quelquefois sur le vert-olive, infusible. Lorsqu'on le chauffe au rouge, au contact de l'air, il se change en protoxyde. Il se dissout aisément dans les acides minéraux. Il se compose de :

Nickel.	0,7871	NiO.
Oxygène.	0,2129	

On le prépare en calcinant le nitrate au blanc.

Son hydrate est d'un très beau vert-pomme pâle, gélatineux et très léger. Il est soluble dans l'ammoniaque en donnant une dissolution d'un bleu-verdâtre.

Le *peroxyde* est noir ainsi que son hydrate; on l'obtient en grillant l'oxyde ou le nitrate au rouge. La chaleur blanche le ramène à l'état de protoxyde. Les acides et l'ammoniaque le dissolvent, en lui faisant subir la même réduction. Il renferme :

Nickel.	0,7114	Ni^2O^3.
Oxygène.	0,2886	

On obtient son hydrate en précipitant une dissolution de nickel par un hypochlorite alcalin.

Sels de nickel.

Tous les sels de nickel sont à base de protoxyde. Ceux qui sont solubles sont d'un très beau vert. Les sels

insolubles qui contiennent de l'eau de cristallisation sont de la même couleur, mais les sels anhydres sont jaunes ou fauves. Les alcalis les précipitent en vert-pomme; leurs carbonates, en blanc verdâtre. L'ammoniaque caustique et carbonatée, en excès, redissolvent les précipités de nickel, en se colorant en bleu-verdâtre. Les phosphates et arséniates alcalins, les précipitent en vert pâle; le prussiate jaune, en blanc laiteux verdâtre, le prussiate rouge, en jaune-verdâtre; et les hydrosulfates, en noir. Lorsque ces dissolutions sont suffisamment acides, elles ne sont point troublées par l'hydrogène sulfuré.

Les sels de nickel ont une grande tendance à se combiner avec les sels alcalins, et particulièrement avec les sels ammoniacaux. Les sels doubles ainsi formés sont tous verts.

Les principaux sels de nickel sont les suivants :

Le *sulfure* correspondant au protoxyde, que l'on obtient par voie sèche en traitant du nickel ou son oxyde par un persulfure alcalin, est d'un jaune bronzé métallique, cassant, non magnétique. Sa densité = 5,76; il fond au blanc, et s'attaque par l'acide nitrique. Il se compose de :

Nickel.	0,646	Ni S.
Soufre.	0,354	

L'*arséniure* $Ni^2 As$, qui se prépare en réduisant l'arséniate au creuset brasqué et qui renferme 0,611 de nickel : il est différent des arséniures que l'on trouve dans la nature.

Et l'*arséniate* d'un vert clair, qui renferme 0,39 de nickel.

Minerais.

Les minerais de nickel accompagnent presque toujours les minerais de cobalt, ce sont :

L'*oxyde* et le *sulfure*. Très rares.

Le *kupfernickel* qui est un arséniure de la formule Ni As, et dans lequel le nickel est presque toujours en partie remplacé par du cobalt et du fer : sans cela il en renfermerait 44 p. 100; c'est le minerai de nickel le plus abondant. Il est d'un gris-rougeâtre métallique approchant du rouge de cuivre, amorphe, à cassure conchoïdale ou unie, très fragile; les cassures fraîches se ternissent promptement à l'air. Il répand l'odeur d'ail par le choc du briquet. Sa densité = 7,3 à 7,6. Il est inattaquable par l'acide hydrochlorique et se dissout aisément dans l'acide nitrique.

Le *nickel arsenical* ou arséniure $Ni As^2$, renferme 0,29 de nickel, lorsque ce métal n'est pas en partie remplacé par du cobalt ou du fer. Il est d'un gris-blanc.

Le *nickel gris* se compose de 1 équivalent de bisulfure et de 1 équivalent d'arséniure ou d'antimoniure de nickel. Il est d'un gris-blanc métallique très éclatant.

L'*arséniate* est presque toujours adhérent au kupfernickel, et paraît provenir de sa décomposition spontanée.

Jusqu'ici le nickel ne s'extrait de ses minerais que par des procédés de laboratoire, ce qui explique son prix élevé. Comme les minerais sont presque toujours mélangés avec du minerai de cobalt, on les traite ordinairement d'abord pour cobalt; le nickel se concentre dans le *speiss* (voyez COBALT), et c'est ce dernier produit d'où l'on extrait le nickel. On traite aussi quelquefois directement le kupfernickel.

Un des procédés de traitement les plus simples consiste à fondre le speiss avec la moitié de son poids de carbonate de soude anhydre et autant de soufre. On concasse le culot obtenu, on le lave bien à l'eau chaude pour séparer les arsénio et antimonio-sulfures alcalins, puis on le traite à froid par l'acide sulfurique ou hydrochlorique un peu étendu, et on obtient un résidu de sulfure de nickel pur ou tout au plus mélangé de sulfure de cobalt, si le speiss renfermait encore de ce dernier métal. On grille ce sulfure complétement et on le réduit au creuset brasqué.

Nous ne doutons pas que l'on ne puisse préparer le nickel en grand par des procédés moins coûteux et analogues à ceux employés pour les autres métaux.

P. DEBETTE.

NITRATES (*angl.* nitrates, *all.* salpetersaüre salze). Les nitrates sont les sels formés par l'acide nitrique. Ils sont tous solubles dans l'eau, et fusent lorsqu'on les projette sur des charbons incandescents. Mêlés avec la limaille de cuivre et chauffés avec de l'acide sulfurique, ils donnent lieu à un dégagement de vapeurs rutilantes d'acide hypo-nitrique. La chaleur les décompose tous en laissant pour résidu tantôt de l'oxyde pur, tantôt le métal à l'état de liberté.

Les principaux nitrates sont les suivants :

NITRATE D'ARGENT. Ce sel qui se prépare en dissolvant de l'argent fin dans de l'acide nitrique, se trouve dans le commerce tantôt à l'état cristallisé et hydraté, sous la forme de larges plaques rhomboïdales ou hexaèdres, qui sont plutôt translucides que transparentes, et incolores, tantôt à l'état anhydre fondu et coulé dans des lingotières sous la forme de cylindres d'un gris de perle : dans ce dernier cas, il porte le nom de *pierre infernale*. C'est le réactif le plus sûr que l'on puisse employer pour reconnaître dans un liquide la présence de l'acide hydrochlorique ou d'un chlorure; il sert à marquer le linge, et est tres employé en médecine comme cautérisant.

NITRATES DE CHAUX ET DE MAGNÉSIE. Ce sont ces sels qui se forment en majeure partie dans les nitrières artificielles, et que l'on convertit ensuite en nitrate de potasse en les traitant par des lessives de carbonate ou de sulfate de potasse.

NITRATES DE MERCURE. Voyez MERCURE.

NITRATE DE PLOMB. Voyez PLOMB.

NITRATE DE POTASSE, NITRE, SALPÊTRE. Ce sel est très employé pour la fabrication de la poudre à tirer, celle des acides sulfurique et nitrique, etc... Sa préparation et sa purification se trouvent indiquées à l'article POUDRE. A l'état de pureté, le nitrate de potasse cristallise en longs prismes à six faces, terminés par un pointement à six faces, mais qui sont rarement réguliers, transparents et le plus souvent agglomérés de manière à paraître cannelés ou striés. Sa saveur est fraîche, salée et piquante, et il excite fortement la sécrétion de la salive; il est très soluble dans l'eau, mais beaucoup plus à chaud qu'à froid. C'est un oxydant très énergique.

NITRATE DE SOUDE, NITRE CUBIQUE. Le nitrate de soude a été découvert, il y a quelques années, au Perou, sous de l'argile, en couches d'une épaisseur variable, mais d'une étendue de plus de 500 kilometres. On le substitue avec avantage au nitrate de potasse, par rapport à son prix moins élevé, dans plusieurs emplois, principalement dans la fabrication des acides sulfurique et nitrique. Il a une saveur fraîche, piquante et amère, et est très soluble dans l'eau. Il affecte la forme de prismes rhomboïdaux qui attirent l'humidité beaucoup plus rapidement que le nitrate de potasse, et qui sont par cela même beaucoup moins propres à la fabrication de la poudre

ACIDE NITRIQUE, ACIDE AZOTIQUE (*angl.* nitric acid, *all.* salpetersaüre). La découverte de l'*acide nitrique* est due à Raymond de Lulle, l'un des plus célèbres alchimistes du moyen-âge : c'est en distillant un mélange de nitre et d'argile qu'il obtint ce nouveau corps qu'on désigna dans le principe sous les noms d'*acide du nitre* et d'*eau forte;* mais c'est Cavendish qui découvrit le premier la véritable nature de cet acide. Ce chimiste célèbre détermina même assez exactement les proportions de ses principes constituants.

L'acide nitrique est le plus oxygéné des oxydes de

l'azote ; son nom, qui lui a été donné par Lavoisier, est tiré de *nitre*, nom qu'on donnait anciennement au salpêtre ou nitrate de potasse ; mais comme son radical réel est l'*azote*, on doit l'appeler *acide azotique*, et c'est ainsi qu'on commence à le nommer généralement pour se conformer à la nomenclature actuelle.

M. Gay-Lussac, par des expériences faites avec le plus grand soin, a trouvé que l'acide nitrique était formé en volumes, de 100 d'*azote* et de 250 d'*oxygène*, ou bien :

1 équivalent d'azote. .	177,02,	en centièmes.	26,15
5 équival. d'oxygène. .	500,00,	—	73,85
	677,02		100,00

Telle est la composition de l'acide sec, mais ce corps ne peut exister à cet état, à moins d'être combiné à certains oxydes, et le plus pur qu'on puisse obtenir renferme toujours près de 15 p. 100 d'eau ; la composition de cet hydrate est la suivante :

1 équivalent d'acide anhydre. . .	677,02	85,75
1 — d'eau — . . .	112,48	14,25
	789,50	100,00

Cet acide hydraté est une véritable combinaison d'acide sec et d'eau, il est liquide à la température ordinaire, blanc, possédant une odeur désagréable ; très avide d'eau, il fume à l'air, il désagrège fortement les matières organiques qu'il colore en jaune.

La pesanteur de cet acide est de 1,513 à 18° C., il bout à 86°, sous la pression de 0m,76 de mercure, et il se congèle en masse peu consistante vers 50° au-dessous de 0.

Une température élevée, la lumière solaire et tous les corps avides d'oxygène le décomposent avec la plus grande facilité, et c'est à ses propriétés oxygénantes qu'il doit une grande partie de ses applications dans les laboratoires et dans les arts.

L'acide nitrique est miscible à l'eau en toutes proportions ; à mesure qu'une addition de ce liquide le rend plus faible, son point d'ébullition s'élève progressivement jusqu'à 120°.

Le tableau suivant donne le point d'ébullition de cet acide à divers degrés :

Densité.	*Point d'ébullition.*	*Nom de l'observateur.*
1,51	86°	Thénard.
1,50	99°	Dalton.
1,45	115°	—
1,42	120°	—
1,40	119°	—
1,35	117°	—
1,30	113°	—
1,20	108°	—
1,15	104°	—

Voici maintenant la table de la richesse du même acide à divers degrés de densité pour la température de 19° C. :

Densité.	*Acide sec p. 100 parties.*	*Nom de l'observateur.*
1,513	85,7	Calculée.
1,498	84,2	Thénard.
1,478	72,9	—
1,434	62,9	—
1,422	61,9	—
1,376	51,9	—

L'acide nitrique le plus concentré marque 51° à 52° Beaumé, il doit être conservé à l'abri de la lumière qui le colore en le décomposant partiellement.

L'acide concentré du commerce marque 36° B. seulement, car au lieu d'un équivalent d'eau il en renferme environ quatre.

La préparation de l'acide nitrique se faisait autrefois, en grand, à l'aide du procédé de Raymond de Lulle, c'est-à-dire en décomposant le salpêtre par l'argile : on employait des cornues en grès rangées dans des fourneaux de galère qui en contenaient huit à dix de chaque côté. Dans cette opération, il se faisait du silicate et de l'aluminate de potasse qui restaient dans la cornue, et de l'acide nitrique qui distillait et était reçu dans des récipients également en grès. Comme l'argile et le nitrate de potasse employés ne contenaient de l'eau qu'accidentellement, presque tout l'acide nitrique qui se dégageait se décomposait, et on peut dire que l'opération ne marchait bien que par exception. Aujourd'hui, la préparation de l'acide nitrique a lieu en traitant les nitrates de potasse ou de soude par l'acide sulfurique ; le dernier de ces sels donne, à poids égal, plus d'acide que le salpêtre ; mais le sulfate obtenu pour résidu a moins de valeur que le sulfate de potasse, aussi l'équilibre tend-il à s'établir dans les deux cas

Le nitrate de potasse est composé.

D'un équivalent d'acide nitrique. .	677	} 1266,9
Et d'un équivalent de potasse. . .	589,9	

Le nitrate de soude renferme :

Un équivalent d'acide nitrique. . . .	677	} 1067
Un équivalent de soude.	390	

Ainsi, 1067 parties en poids de nitrate de soude contiennent la même quantité d'acide nitrique sec que 1267 parties de nitrate de potasse.

Pour un équivalent de ces nitrates on emploie deux équivalents d'acide sulfurique ; le résidu est formé de bi-sulfate potassique.

Si on emploie le nitrate de potasse, on prendra :

Un équivalent de nitrate de potasse. . .	1267	} 2944
Deux équivalents d'acide sulfurique. .	1227	
Quatre équivalents d'eau.	450	

Les quatre équivalents d'eau sont placés dans les vases où doit se condenser l'acide nitrique.

On obtient par la distillation :

Un équivalent d'acide nitrique sec.	677	} 1352	} 2944
Six équival. d'eau.	675		
Un équival. de bisulfate de potasse.		1592	

Si on fait usage du nitrate de soude, on doit prendre :

Un équivalent de nitrate de soude. . .	1067	} 2744
Deux équival. d'acide sulfurique. . .	1227	
Quatre équival. d'eau.	550	

Le résultat sera :

Un équivalent d'acide nitrique. .	677	} 1352	} 2744
Six équival. d'eau.	675		
Un équival. de bi-sulfate de soude.		1392	

L'attaque du nitrate par l'acide sulfurique se fait dans des cylindres, en fonte grise, semblables en tout point à ceux employés pour la préparation de l'*acide* HYDROCHLORIQUE.

La condensation de l'acide a lieu dans des bonbonnes en grès contenant l'eau nécessaire, c'est-à-dire quatre équivalents pour un de nitrate, car l'acide qui distille n'en renferme que deux, et celui qu'il faut obtenir doit en renfermer six.

Dans le commencement de la distillation il se dégage des vapeurs rutilantes d'acide hypo-nitrique, car l'acide nitrique qui est mis en liberté ne trouve pas d'abord l'eau qui lui est nécessaire pour rester stable ; cette eau étant retenue énergiquement par l'acide sulfurique, mais aussitôt qu'il s'est formé du sulfate, l'eau mise en liberté s'unit à l'acide nitrique, qui va se condenser dans les bonbonnes, sous forme de vapeurs blanches. A la fin de l'opération, il y a aussi production de vapeurs rouges et cela pour la même cause : à cette époque encore, il ne se trouve plus assez d'eau pour empêcher l'acide nitrique de se décomposer.

On n'emploie, dans cette préparation, que de l'acide sulfurique concentré, car cet acide étendu détruirait très rapidement les cylindres ; il est vrai que dans ce dernier cas il empêcherait la production de vapeurs ru-

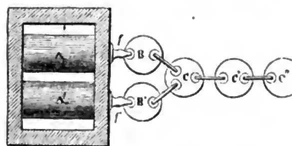
tilantes et par conséquent diminuerait la perte d'acide nitrique. Il est nécessaire d'employer deux équivalents d'acide sulfurique concentré au lieu d'un, parce que dans la réaction il se forme toujours un bi-sulfate, et jamais de sulfate neutre.

L'acide nitrique obtenu de cette manière n'est pas pur, il contient toujours de l'acide hypo-nitrique qui le colore en jaune, un peu d'acide sulfurique entraîné pendant la distillation, et du chlore provenant du sel marin contenu dans les nitrates employés.

Pour décolorer cet acide, on le fait bouillir dans des bonbonnes plongées dans un bain d'eau chauffé à 100°, et les vapeurs rutilantes, qui lui donnaient une teinte ambrée, se dégagent. Si cette opération se fait dans une fabrique d'acide sulfurique, on dirige les vapeurs nitreuses dans les chambres de plomb. Quand on veut avoir l'acide nitrique exempt de chlore et d'acide sulfurique, on y ajoute un peu de nitrate de plomb qui donne naissance à du chlorure et à du sulfate de plomb, puis on distille. C'est surtout dans la fabrication de l'acide sulfurique concentré que l'acide nitrique renfermant du chlore, est d'un emploi dangereux, car le vase de platine qui sert à la concentration est rapidement détruit par ce chlore; aussi, les fabricants d'acide sulfurique doivent-ils épurer le nitrate de soude ou de potasse qu'ils emploient pour faire leur acide nitrique, afin d'en séparer le chlorure de sodium qui s'y trouve toujours. Cette épuration doit se faire en soumettant le nitrate à des lavages méthodiques; en évaporant les eaux de lavage, le chlorure de sodium se précipite, ou le sépare des eaux concentrées qui, par cristallisation, donnent ensuite du nitrate pur.

L'appareil producteur est, comme nous l'avons dit, complétement semblable à celui qui sert à fabriquer l'acide hydrochlorique; seulement, les allonges qui conduisent les gaz des cylindres dans les tonnes de lavage sont en verre, ce qui permet de suivre les différentes phases des opérations.

La disposition des bonbonnes de condensation est également changée, la fig. 1949 présente en plan cette disposition; on a supposé enlevée la voûte du fourneau qui recouvre les cylindres indiqués par les lettres A et A'. Comme on le voit, chaque four à son appareil de condensation et chaque cylindre son laveur. Les lettres



1949.

f et f', indiquent les allonges en verre. celles B et B' les laveurs; les bonbonnes où se condensent les gaz lavés sont représentées par les lettres C, C', C", etc.; elles communiquent entre elles par des tubes de verre ou de grès. Cette disposition exige, comme celle adoptée, généralement pour la condensation de l'acide hydrochlorique, un dérangement continuel quand l'eau de chaque bonbonne est saturée d'acide nitrique, aussi fait-on usage quelquefois de touries portant une tubulure inférieure à laquelle on fixe un robinet en verre ou en grès qui sert à prendre l'acide concentré pour en remplir les dames-jeannes d'emballage. Une tubulure supérieure additionnelle sert à remplacer l'acide soutiré par de l'eau pure.

L'emploi des condenseurs cylindriques dont on fait usage en Angleterre pourrait être avantageux si leurs prix n'était pas si élevé chez nous.

Nous terminerons en disant un mot des modifications apportées, par quelques industriels, dans l'appareil où se fait la décomposition du nitrate par l'acide sulfurique.

On a donné un foyer spécial à chaque cylindre; ces cylindres, dont les dimensions ont été augmentées, sont maintenant formés de deux demi-cylindres s'emboîtant l'un dans l'autre. La partie supérieure a été garnie d'une voûte intérieure en briques, pour empêcher les vapeurs d'acide nitrique de corroder la fonte, car c'est toujours par le haut que les cylindres ordinaires se trouvent attaqués; cette partie du cylindre ainsi protégée dure indéfiniment, et quand la partie inférieure est détruite on la remplace par un autre demi-cylindre.

La réunion des deux parties du cylindre se fait à emboîtement, et les joints sont garnis de plomb ou d'une poudre formée de verre et de borax, qui se fond pendant l'opération, sans que les gaz puissent s'échapper.

L'emploi de cylindres en fonte émaillés à l'intérieur, a été tenté, mais les essais n'ont pas réussi.

L'acide nitrique a des usages nombreux; on l'emploie pour la fabrication des acides sulfurique et oxalique, etc., on en fait usage pour la préparation des nitrates, pour l'essai des monnaies, le départ de l'or. La gravure sur cuivre, la formation du deutoxyde de mercure, celle de l'eau régale et la teinture en utilisent des quantités notables. F. CH. KNAB.

NIVELLEMENT, LEVÉ DES PLANS, ARPENTAGE. L'établissement de la plupart des constructions agricoles ou industrielles, entraîne nécessairement l'exécution de modifications plus ou moins profondes des formes naturelles du terrain. Pour se rendre compte de la possibilité des travaux à exécuter, de leur importance, du volume des terres à déplacer, et, par suite, de la dépense probable de l'ouvrage, il est indispensable d'avoir, avant tout, un moyen précis de représentation de la surface du sol qui permette de comparer les formes actuelles à celles que l'on veut y substituer; et, ensuite, de calculer les volumes de terres à déplacer pour obtenir la transformation désirée.

Les méthodes à employer, pour atteindre le but que nous venons d'indiquer, étant à peu près les mêmes, soit qu'il s'agisse de l'établissement des canaux d'une usine hydraulique, de la construction d'un chemin de fer, d'une route ordinaire, de l'étude d'un marais à dessécher, d'une prairie à arroser, ou de tout autre travail, nous décrirons d'une manière générale, mais exclusivement pratique, les procédés de nivellement et de levé qui permettent de résoudre les questions de cette nature.

Dans un certain nombre de cas, et pour la plupart des transactions journalières, il est nécessaire de connaître la position en plan d'un certain nombre de points de la surface du sol; dans certaines circonstances, on peut même se dispenser de représenter graphiquement le terrain donné et se borner à tracer sur place les lignes géométriques nécessaires à l'évaluation de la surface d'un polygone donné. Le levé des plans, réduit à l'arpentage dans ce dernier cas, fournit alors tous les renseignements nécessaires.

Mais il arrive souvent qu'il ne suffit pas de connaître la position *en plan* de certains points de la surface terrestre, et qu'il est nécessaire de connaître, en outre, leurs hauteurs relatives. L'opération du *nivellement* devient alors indispensable.

Les opérations du levé des plans et du nivellement, dans les limites des besoins de la pratique industrielle, sont extrêmement simples et n'exigent d'autres connaissances que les principes les plus élémentaires de

géométrie et l'habitude du calcul arithmétique. On a si souvent besoin d'y recourir qu'il a paru utile d'exposer la pratique de ces opérations dans le *Dictionnaire des Arts et manufactures*.

Dans ce qui va suivre, on s'occupera d'abord du levé des plans et de l'arpentage, puis du nivellement proprement dit, et enfin des méthodes de *cubatures* au moyen desquelles on calcule les volumes de déblais et de remblais des terrassements.

I. LEVÉ DES PLANS. Les opérations de levés de plan de grandes étendues de terrain, dans lesquelles il est indispensable de tenir compte de la sphéricité du globe terrestre, sont du domaine de la *géodésie*. Nous n'indiquerons pas ici les méthodes de calcul et les soins multipliés que nécessitent les travaux de cette nature, dont l'exécution est, en France, exclusivement confiée aux corps les plus savants. Nous parlerons seulement des opérations dans lesquelles l'étendue de terrain considérée est assez restreinte pour que l'on puisse négliger la sphéricité du globe, et qui sont du domaine de la *topographie*.

Les opérations de levés de plan, quel que soit le but spécial auquel on les applique, consistent, en principe, à considérer les points remarquables de la surface du sol que l'on veut rapporter sur la carte, comme reliés entre eux par des lignes formant des triangles dont on mesure assez d'éléments, angles ou côtés, pour pouvoir construire sur le papier des triangles *semblables* à ceux que l'on considère, et réduits dans la proportion indiquée par *l'échelle* adoptée.

A mesure que les dimensions des triangles diminuent, les opérations deviennent en général plus simples et plus faciles, les résultats des observations courent de moins en moins de risque d'être altérés par l'accumulation des erreurs de lecture, ou par la multiplication de ces erreurs combinées dans les calculs. Il s'ensuit que l'on peut avec moins d'inconvénient y employer des instruments d'une exactitude moins rigoureuse et des procédés plus expéditifs et plus simples. Qu'il s'agisse, du reste, de levés topographiques ou géodésiques, les opérations se réduisent toujours à mesurer des distances ou des angles. On doit donc décrire les instruments les plus habituellement employés dans chacune de ces opérations.

Mesure des distances. Dans les opérations délicates, lorsqu'il s'agit, par exemple, de mesurer un côté du premier triangle d'un réseau géodésique, on se sert de 3 ou 4 règles que l'on applique successivement les unes à la suite des autres, suivant la ligne que l'on veut mesurer, et qui a été préalablement jalonnée sur le terrain avec un soin tout particulier. Nous ne décrirons pas ici les appareils employés ordinairement dans ces opérations et les difficultés de toute sorte que présente la mesure d'une base. Nous n'aurions même pas parlé de l'emploi des *règles* pour la mesure des grandes distances, dans les opérations les plus délicates de géodésie et d'astronomie, si nous n'avions voulu signaler, en passant, un moyen ingénieux de mesurer avec une grande précision une certaine longueur avec une *seule règle*. Ce moyen, imaginé par M. Porro, peut s'appliquer à la mesure exacte de toute espèce de longueur sur le terrain, et paraît susceptible par sa simplicité d'un assez grand nombre d'applications usuelles à la pratique des constructions.

L'appareil à mesurer les bases de M. Porro se compose d'une règle en bois verni de 3 ou 4 mètres de longueur, portant à chacune de ses extrémités une division en dixièmes de millimètre. Cette règle est posée sur deux supports à trépied, établis à peu près horizontalement et sur lesquels on place en même temps que la règle deux *microscopes*. Au foyer de l'objectif de ces microscopes se trouvent des fils extrêmement fins, formant réticule; on lit dans chaque microscope la division sur laquelle tombent les fils. La distance entre les fils des deux microscopes est évidemment égale à la longueur de la portée de la règle (mesurée une fois pour toutes), comprise entre les zéros des petites échelles des extrémités, augmentée du nombre de millimètres lus sur chacune de ces échelles. La lecture faite, on enlève la règle, on porte le premier trépied et son microscope en avant du deuxième trépied que l'on évite soigneusement de déplacer, on pose la règle dans cette seconde position et l'on fait une seconde lecture, qui donne encore la distance du deuxième microscope au troisième point. Le deuxième microscope n'ayant point été déplacé, il est clair que la position du fil du réticule n'a pas changé et que, dès lors, la distance du premier au troisième point est égale à la somme des distances données par les deux groupes de lectures. En répétant la même série d'opérations, on peut évidemment mesurer toute longueur donnée.

La règle porte un niveau qui indique son inclinaison, pour que l'on puisse, par le calcul, ramener à l'horizontale les longueurs observées. La monture des microscopes porte en outre des échelles qui permettent d'évaluer l'angle de la règle avec la direction rigoureuse de la ligne à mesurer. Un calcul très-simple permet encore de ramener les longueurs observées à ce qu'elles seraient, si la règle avait été rigoureusement placée dans l'alignement voulu.

Les microscopes, que M. Porro appelle *panfocaux*, permettent de lire de près ou de loin de fines divisions. Quand on commence la mesure, on amène donc le fil de l'instrument exactement au-dessus du trait gravé dans une cheville de cuivre scellée dans la borne qui forme l'origine de la longueur à mesurer, et ensuite, on place la règle pour procéder comme on vient de l'indiquer.

On ne saurait faire comprendre sans figures les dispositions qui permettent de régler les instruments et de faire les diverses lectures relatives aux corrections d'inclinaison ou d'alignement. Ces détails seraient d'ailleurs superflus ici, mais il était nécessaire d'indiquer l'heureuse solution du problème de la mesure d'une longueur avec une seule règle, et en évitant toute espèce de moyen matériel de repérage des positions successives de l'appareil, pendant la durée de l'épreuve.

Dans les opérations ordinaires, on n'emploie pas, pour mesurer les distances, les moyens extrêmement précis, mais d'une application délicate, que l'on vient d'indiquer. On se sert exclusivement de la *chaîne d'arpenteur*.

Cet instrument, que tout le monde connaît, se compose de chaînons en gros fil de fer réunis deux à deux par des anneaux. La distance du centre d'un anneau au centre de l'anneau suivant est de $0^m,20$. La chaîne se compose ordinairement de 50 chaînons, et quelquefois de 100, de sorte qu'elle forme un *décamètre* ou un *double décamètre*. La chaîne se termine par deux poignées qui servent à la manier. De dehors en dehors de ces poignées la chaîne doit avoir exactement $10^m,005$, on verra tout à l'heure pourquoi. Les mètres sont marqués sur la chaîne par un anneau de laiton, et les 5 mètres par une pièce spéciale également en laiton. Une bonne chaîne de 10 mètres coûte de 4 à 6 francs, suivant la force et le fini du travail.

Les chaînes d'arpenteur s'allongent rapidement par l'usage, les anneaux et les boucles des chaînons s'ovalisent sous les efforts de traction auxquels ils sont nécessairement soumis. Il est indispensable de vérifier la chaîne après chaque opération un peu prolongée. Les personnes qui sont obligées de faire un usage fréquent de la chaîne d'arpenteur doivent sceller dans un mur ou sur un parquet deux forts pitons en fer, sur lesquels il suffit de présenter la chaîne pour constater son allongement.

L'allongement souvent considérable des chaînes d'arpenteur est un inconvénient sérieux, que les constructeurs ont souvent cherché à faire disparaître par des dispositions plus ou moins compliquées. On commence à employer des décamètres dits *rubans d'acier*, formés d'un seul morceau de ressort trempé et recuit au bleu, et terminés par deux poignées en cuivre. Les mètres et les décimètres sont indiqués par de petits disques en laiton rivés sur la chaîne. Ces décamètres sont d'un prix élevé (12 à 18 fr.) et se brisent assez facilement. Ils ne conviennent que pour des opérations délicates et exécutées par des opérateurs habiles.

Nous ne décrirons pas d'autres systèmes de chaînes inextensibles, toutes celles que nous connaissons sont d'une construction trop compliquée pour répondre aux besoins de la pratique.

Inutile d'ajouter que l'emploi des roulettes à ruban ne peut donner que de mauvais résultats pour les opérations de levé exécutées sur le terrain, au milieu de broussailles, dans l'humidité, etc.

Pour mesurer une distance avec la chaîne, on commence par la jalonner, c'est-à-dire que l'on place entre les deux points extrêmes de la ligne un nombre de jalons suffisant pour que les chaîneurs puissent en apercevoir constamment au moins deux à la fois. La personne qui dirige le chaînage se place alors au premier jalon et maintient la poignée au point de départ de l'opération, pendant que son aide marche en avant dans l'alignement, en tenant l'autre poignée. Cet aide tend la chaîne, en évitant tout ce qui pourrait déterminer des sinuosités et en dégageant surtout les nœuds qui se seraient formés pendant le mouvement de la chaîne; puis plaçant d'une main la poignée à fleur du sol, et s'effaçant afin que l'autre agent puisse voir si cette poignée est bien dans la ligne allant du premier au deuxième jalon, il enfonce en terre, à l'*intérieur* de la poignée, une petite broche en fer appelée *fiche*. Cette fiche sera le point de départ à partir duquel, pour la mesure du second décamètre, recommencera la même série d'opérations. La fiche se trouvant encore à l'intérieur de la poignée à la seconde opération, on voit que l'on perd à chaque décamètre deux fois l'épaisseur du fil de la poignée, ce qui explique l'excédant de longueur de 0m,005 que l'on donne aux chaînes de dehors en dehors des poignées. L'agent principal, après la mesure de chaque décamètre, enlève la fiche enfoncée en terre par son aide. Lorsqu'il a dix fiches en main il les lui remet de nouveau, et inscrit immédiatement une dizaine de décamètres ou *portée*.

Quand le terrain est très ondulé, on tend la chaîne aussi horizontalement que possible au-dessus de ces ondulations, en s'aidant de deux jalons bien droits que l'on tient à la main. Mais quand le terrain est régulièrement incliné, il vaut mieux mesurer sa longueur réelle suivant la pente et la réduire ensuite par le calcul à l'horizontale.

La lenteur, la difficulté et le peu d'exactitude des opérations de chaînage ont fait penser, depuis bien longtemps, à l'emploi de moyens plus expéditifs et plus sûrs pour mesurer les distances. De toutes les méthodes proposées la seule qui soit jusqu'à présent applicable aux opérations topographiques est l'emploi de la *stadia*.

Si plusieurs objets de grandeurs différentes sont embrassés par le même angle visuel, les distances de ces objets au sommet de l'angle visuel seront évidemment proportionnelles aux grandeurs respectives des objets eux-mêmes. C'est le principe de la stadia. Cet appareil se compose donc d'une règle divisée et d'une lunette, au foyer de l'objectif de laquelle on place des fils micrométriques entre lesquels vient se former l'image de la mire.

La graduation de la mire et la disposition des fils peuvent se faire de différentes manières.

Imaginons d'abord que deux fils parallèles soient fixés au réticule d'une lunette astronomique, comme celle que l'on met ordinairement aux niveaux ou autres instruments de cette nature, et plaçons à une distance de 100 ou 200 mètres très exactement mesurée, en avant de cette lunette, une règle en bois de 2 ou 3 mètres de hauteur et de 0m,1 de largeur. Il sera facile, en plaçant l'œil à la lunette, de faire marquer sur cette règle par un aide l'intervalle compris entre les fils. En faisant successivement la même opération pour des distances connues de plus en plus rapprochées, il sera facile de graduer complètement la règle. Il suffira ensuite, pour estimer une distance, de lire sur quelles divisions de cette règle tombent les fils de la lunette.

La méthode que l'on vient d'indiquer exige une règle à divisions spéciales pour chaque lunette et inégales entre elles; on préfère ordinairement se servir des règles métriques des mires parlantes ordinaires. A cet effet, on mesure très exactement sur le terrain, à partir de la lunette, une série de distances croissant de mètre en mètre, de 2 mètres en 2 mètres, ou de 5 mètres en 5 mètres, suivant le grossissement de l'instrument. On transporte successivement, et à plusieurs reprises, pour prendre la moyenne des observations, la mire à chacun des points marqués sur le sol, puis, vis-à-vis de la distance connue, inscrite d'avance dans la première colonne d'un tableau disposé à cet effet, on note le nombre de centimètres et la fraction de centimètre comprise entre les fils. Enfin on complète la table ainsi dressée au moyen d'interpolations. Pour mesurer alors au moyen de l'instrument une distance inconnue, comprise entre la lunette et la mire, il suffit de compter le nombre de centimètres interceptés entre les fils, de chercher ce nombre dans la table dressée une fois pour toutes, et de lire dans la colonne voisine la distance cherchée.

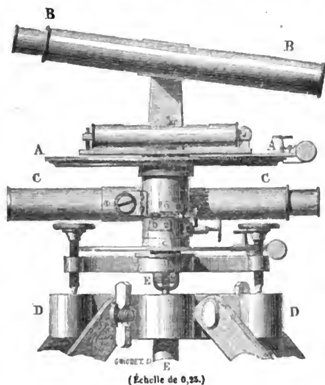
Quelques opticiens ont eu l'idée de rendre mobiles les fils du réticule des lunettes destinées à mesurer les distances. L'opération se réduit alors à amener ces fils à la distance nécessaire pour qu'ils embrassent exactement un intervalle constant tracé d'avance sur une règle en bois. On lit l'écartement des fils sur le micromètre qui les met en mouvement, et on en déduit la distance à l'aide d'une table dressée expérimentalement, comme on vient de l'indiquer.

M. Porro, qui s'est spécialement occupé des lunettes de stadia, a apporté de notables perfectionnements à leur construction. Par l'addition d'un système optique, dit *anallatique*, aux lunettes ordinaires, et par plusieurs autres modifications ingénieuses de cet instrument, M. Porro parvient à obtenir les distances avec une précision de beaucoup supérieure à celle que l'on peut attendre de l'emploi de la chaîne, et dispense de l'usage de tables et de mires spéciales (1). La lecture d'une mire parlante métrique ordinaire donne immédiatement, en mètres, les distances cherchées. Malheureusement les instruments de M. Porro sont d'un prix fort élevé et n'offrent pas, jusqu'à présent, le degré de solidité et de simplicité que réclament les applications usuelles. Mais en montrant la possibilité d'une solution rigoureuse propre à transformer les procédés du levé, M. Porro a rendu un véritable service, et nous savons que l'on trouvera sous peu dans le commerce, à des prix modérés, des lunettes de stadia donnant immédiatement les distances avec un degré de précision au moins égal à ce que peut fournir la chaîne d'arpenteur. Ces instruments apporteront une grande économie dans tous les travaux de levé, où le chaînage entraîne à des frais considérables, à des pertes de temps

(1) On trouvera dans les *Annales des ponts et chaussées*, année 1852, tome III, les calculs relatifs à ce sujet.

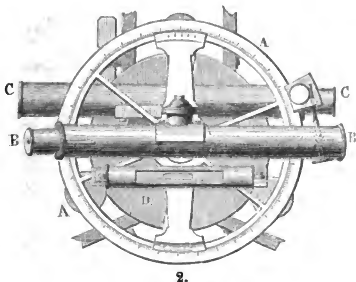
énormes et à des erreurs extrêmement fréquentes.

Mesure des angles. Dans les opérations qui exigent beaucoup de précision, on ne peut employer que des instruments pouvant répéter les angles. Dans les grandes opérations géodésiques on se sert du théodolite. Dans les opérations topographiques délicates on emploie des cercles répétiteurs d'une construction plus ou moins simplifiée. L'un des instruments de cette espèce les plus commodes et les mieux établis est représenté avec détails par les figures 1, 2, 3.

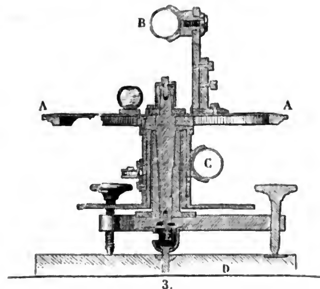


(Échelle de 0,25.)

1.



2.



3.

L'instrument, dans les opérations sur le terrain, est fixé par un ressort à pompe E, E sur le plateau D d'un pied à trois branches. On donne au cercle divisé une position rigoureusement horizontale au moyen des trois vis calantes qui supportent l'instrument.

Le limbe gradué horizontal A, la lunette C, peuvent être rendus solidaires et recevoir un mouvement général de rotation autour de l'axe vertical de l'instrument; on peut également arrêter le mouvement du limbe gradué et faire tourner la lunette C autour de l'axe de l'instrument indépendamment de ce limbe. La lunette B portée par les verniers peut recevoir avec eux un mouvement indépendant de celui du limbe et aussi de la lunette C. Cette lunette peut d'ailleurs se mouvoir dans un plan vertical, de sorte que les lectures faites sur le limbe donnent la valeur des angles réduits à l'horizon.

Cela posé, il est facile de comprendre l'emploi de cet instrument. Les verniers étant amenés sur le 0° du limbe, on dirige la lunette inférieure de repère sur l'un des deux objets dont on veut évaluer l'écartement angulaire, celui de gauche par exemple, et la lunette des verniers sur l'objet de droite. On fixe alors les verniers sur le limbe et la lunette inférieure sur la pièce creuse qui supporte le même limbe, puis on imprime à tout le système un mouvement général qui ramène la lunette inférieure sur l'objet de droite; on arrête alors le mouvement général du limbe, puis on desserre la vis qui rendait les verniers solidaires avec lui, et on ramène la lunette supérieure sur l'objet de gauche. L'espace angulaire qu'elle parcourt alors est *double* de l'angle cherché, comme il est facile de s'en assurer, en faisant la figure des diverses opérations que l'on vient de décrire. En répétant une seconde fois la même manœuvre on obtient l'angle quadruple de l'angle cherché; puis l'angle sextuple, et ainsi de suite. Une seule opération suffit presque toujours pour les levés ordinaires, quand l'instrument est passablement construit.

Le *graphomètre*, que tout le monde connaît, n'a pas la précision de l'instrument précédent. C'est un simple demi-cercle gradué muni de deux alidades, l'une fixe et l'autre mobile. Le limbe gradué est porté par un genou à coquille qui permet de le placer dans un plan à peu près horizontal. L'extrémité de l'alidade mobile porte un vernier qui donne les fractions des plus petites divisions du limbe. Quelques graphomètres sont munis d'une petite boussole logée dans l'intérieur du limbe.

On remplace dans quelques graphomètres les alidades par des lunettes. Cette disposition ne paraît pas devoir être recommandée, elle augmente beaucoup le prix de l'instrument sans accroître son degré de précision. Quand on ne recule pas devant cette dépense, il convient de préférer un cercle répétiteur simplifié dont le prix n'est pas de beaucoup supérieur aux graphomètres à lunettes et à niveaux, et

dont l'emploi permet d'obtenir autant d'exactitude qu'on le désire.

Les graphomètres à alidades les plus commodes ont 0m,22 de diamètre. Ils valent de 40 à 70 fr. la pièce, suivant le degré de fini du travail.

Lorsqu'on vérifie un graphomètre, il faut s'assurer :

1° Que le 0 de chacun des verniers de l'alidade mobile coïncide avec les zéros du limbe, quand les lignes de visée de l'alidade fixe et de l'alidade mobile sont dans un même plan.

2° Que le centre de rotation de l'alidade mobile coïncide avec le centre du limbe gradué. Pour effectuer cette seconde vérification, on mesure successivement les angles d'une série d'objets, pris deux à deux dans divers azimuts, en plaçant alternativement le limbe de l'instrument, pour chaque angle, à droite et à gauche de l'observateur. Les valeurs des angles faites dans chacune de ces deux positions doivent coïncider, lorsque l'instrument est bien construit. Pour donner une idée de la valeur des erreurs qui pourraient résulter du vice de construction que nous signalons, nous dirons qu'une excentricité de 0m,002 ferait commettre pour des objets situés à 5 mètres de l'instrument une erreur de 1' 24''. On pourrait encore obtenir une mesure sensiblement exacte avec un instrument présentant ce défaut, en prenant la moyenne des lectures faites dans deux positions du limbe. Avec cette précaution, l'erreur ne pourrait, dans le cas le plus défavorable, avec les circonstances extrêmes que nous venons de prendre pour exemple, dépasser 0''033, c'est-à-dire qu'elle serait de beaucoup inférieure aux erreurs de lecture. Mais le graphomètre étant surtout un instrument destiné aux opérations rapides, on devrait rejeter ceux qui ne pourraient supporter la seconde vérification que nous venons d'indiquer.

On se sert très souvent, dans les opérations ordinaires, du pantomètre de Fouquier. C'est un des instruments les plus commodes à manier et des plus convenables pour les travaux usuels. Il se compose (fig. 4 et 5) de deux tambours cylindriques. Le tambour inférieur porte une douille qui se fixe sur un piquet vertical. Le tambour supérieur peut tourner autour d'un axe qui lui est commun avec le tambour inférieur. Ce mouvement lui est communiqué à l'aide d'une roue dentée et d'un pignon *a* (fig. 5), dont l'arbre porte un bouton A que l'on aperçoit sur la fig. 4.

4.





(échelle de 0,25.)

5.

Chacun des deux tambours est percé, dans deux plans diamétraux perpendiculaires, de fenêtres et de fentes formant deux à deux un système d'alidades. On vise l'un des objets dont on veut déterminer l'angle à l'aide de la fente et du fil placés dans le plan des 0 de la division du tambour inférieur, et on amène sur l'autre objet la fente et le fil répondant au 0 du vernier tracé sur le tambour supérieur. L'angle cherché est alors égal à celui des plans diamétraux correspondants des deux tambours, et se lit directement à l'aide des divisions dont ils sont garnis.

On place quelquefois au-dessus des pantomètres une boîte de boussole. Cette addition peut être utile dans certaines circonstances. On ajoute aussi à quelques pantomètres une petite lunette pour remplacer le plan de visée formé par une fente et un fil et un système de calage plus ou moins compliqué. Ces additions augmentent le prix des instruments et lui ôtent le caractère de simplicité qui fait son mérite principal; nous les croyons plus nuisibles qu'utiles dans le plus grand nombre des cas, et surtout pour les opérateurs expérimentés et attentifs. Un pantomètre ordinaire coûte 35 à 40 francs avec son bâton ferré.

L'équerre d'arpenteur sert à tracer des angles droits sur le terrain. C'est un pantomètre formé d'un seul tambour. Cet instrument est trop connu pour que nous le décrivions; nous conseillerons seulement de choisir des équerres cylindriques de 6 à 7 centimètres de diamètre, à fentes et à fenêtres, leur usage est beaucoup plus commode que celui des équerres à fentes seules. Une bonne équerre et son bâton ferré coûtent de 7 à 10 francs.

Cet instrument si simple permet de résoudre facilement sur le terrain un grand nombre de problèmes, parmi lesquels nous citerons les suivants, qu'il suffit d'énoncer pour que chacun puisse les résoudre en s'aidant des principes fondamentaux de la théorie des parallèles :

1° Mener une parallèle à une droite accessible;

2° Mesurer la distance d'un point inaccessible A au point B où l'on se trouve;

3° La distance de deux points inaccessibles, A et C;

4° Mener une parallèle à une droite inaccessible AB, par le point H;

5° Prolonger une droite au delà d'un obstacle infranchissable.

Enfin, il sert à décomposer une surface irrégulière en parties faciles à mesurer, comme on le verra en parlant de l'arpentage.

La *boussole* fournit encore un moyen précieux de mesurer les angles; elle est exclusivement employée dans les levés de bois, de carrières et de mines.

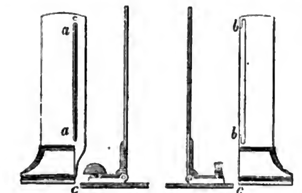
L'aiguille aimantée donnant une direction que l'on peut regarder comme constante dans des lieux très voisins et pendant la durée d'un levé, on comprend qu'il suffit d'avoir une lunette ou une alidade restant constamment parallèle à la ligne des zéros du limbe de l'aiguille et de viser successivement divers objets, pour obtenir, par la position de la pointe de l'aiguille au moment de chaque visée, l'angle de cette ligne de visée avec la ligne méridienne, et par suite, au moyen des soustractions, l'angle des divers lignes de visée entre elles.

Dans la plupart des boussoles de levé, dont nous croyons inutile de reproduire la figure, l'aiguille aimantée est renfermée dans une boîte rectangulaire sur l'un des côtés de laquelle se trouve une alidade ou une lunette. La boussole se pose comme le graphomètre sur un pied à trois branches. Il faut que la pointe du pivot de l'aiguille coïncide parfaitement avec le centre du limbe gradué, et que, dans toutes les positions, les pointes de l'aiguille tombent sur des divisions du limbe distantes de 180°. La vérification de ces deux conditions est trop simple pour qu'il soit nécessaire de s'arrêter à l'expliquer.

Les instruments que l'on vient de décrire donnent la valeur numérique des angles que l'on veut lever, mais il faut ensuite, quand on veut rapporter le plan, tracer en vraie grandeur, sur le papier, avec un rapporteur, les angles observés, ou bien s'en servir pour calculer les côtés des triangles que l'on construit alors à l'échelle. Pour éviter ce double travail, on emploie souvent, pour l'exécution des plans de détail peu étendus et construits à grande échelle, un ensemble d'instruments qui permettent de tracer immédiatement les angles observés en vraie grandeur, sans même se préoccuper de leurs valeurs numériques. C'est la méthode connue sous le nom de levé à la planchette, et que nous allons décrire.

La *planchette* proprement dite n'est autre chose qu'une planche légère à dessiner, en bois blanc, montée sur un fort genou à la Cugnot, pouvant tourner autour d'un axe vertical, et supportée par un pied à six branches ; on tend sur cette planche le papier où l'on veut tracer le plan ; aux extrémités et au-dessous de la planchette sont quelquefois disposés des rouleaux en bois, sur lesquels on enroule une bande de papier sans fin, lorsque le plan à lever a une longueur considérable par rapport à sa largeur.

L'instrument essentiel dans le levé à la planchette est l'alidade, règle en métal, garnie de pinnules formant un plan de visée passant par le bord de la règle. Les pinnules (fig. 6) sont fixées à charnières sur



Vue de face de la pinnule à fenêtre. Vue de côté des pinnules. Vue de face de la pinnule à fil.

(Échelle de 0,25.)

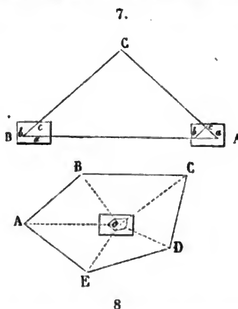
6.

la règle *cc* qui les supporte. On les rabat sur cette règle pour transporter l'instrument ; de petits taquets les maintiennent verticales pendant les observations. L'une des pinnules est garnie d'une fente étroite à bords noircis *aa* près de laquelle on place l'œil ; l'autre porte un fil fin *bb* qui détermine avec la fenêtre le plan de visée. Dans quelques instruments on remplace par une lunette le plan de visée donné par les pinnules que l'on vient de décrire.

L'alidade posée sur la planchette permet donc de tracer sur le papier l'intersection du plan de visée avec le plan de la planchette proprement dite. On se sert encore comme accessoires, dans le levé qui nous occupe, d'un petit niveau à bulle d'air, servant à mettre la planchette à peu près horizontale, et pour l'orienter, d'une boussole d'une forme particulière, appelée déclinatoire. Une planchette très soignée, avec genou à la Cugnot, coûte 80 à 90 francs ; l'alidade à pinnules, 15 à 20 francs ; l'alidade à lunette, 35 à 40 francs, et enfin le déclinatoire 10 à 12 francs.

Pour lever à la planchette le plan d'un triangle A, B, C (fig. 7), on établit d'abord la planchette horizontalement au dessus du point B, puis par la projection *b* du point B, que l'on marque sur la planchette en y enfonçant verticalement une aiguille fine, on trace, au moyen de l'alidade, deux lignes droites dirigées vers les points A et C. On mesure la distance BA, et l'on reporte sur la ligne de visée allant de *b* à A une longueur *ab* représentant à l'échelle du plan la distance AB. On transporte alors l'instrument au point A, et on le dispose de manière que le point *a* se trouve exactement au-dessus de A (quand la planchette est horizontale), et la ligne *ab* dans la direction de AB. La planchette se trouve ainsi placée et *orientée*. On vise le point C, et le point *c*, projection sur la planchette du point C, résulte de l'intersection des rayons visuels menés de B et de A vers C.

Dans cette opération, les angles A et B auront été déterminés par la méthode du *cheminement*, et l'angle C par la méthode des intersections. Pour compléter le levé du triangle par la méthode du cheminement, on devrait se transposer en C, et y opérer, comme on



7.

8

vient de l'indiquer, en A. Les mesures des longueurs AC, BC, et de l'angle C donneraient une triple vérification de la position du point de projection *c*.

Il existe un autre procédé pour lever rapidement, à la planchette, un contour polygonal qui peut être parcouru dans toutes les directions menées d'un point intérieur aux divers sommets à déterminer. Il consiste à établir la planchette en ce point intérieur *o* (fig. 8), à tracer sur le papier les directions allant de ce point aux divers sommets A, B, C, D, E ; à mesurer les longueurs comprises sur ces directions entre la station et les points observés, et à rapporter ces longueurs sur les lignes correspondantes préalablement tracées.

En plaçant dans la lunette de l'alidade deux fils pour la mesure des distances, on peut rendre extrêmement rapide le levé à la planchette, et supprimer l'un des deux porte-chaînes que l'on emploie ordinairement. L'opérateur, avec une *alidade à stadia*, n'a besoin que d'un manœuvre pour porter la mire aux points à observer.

Les détails dans lesquels on est entré en parlant des divers instruments dont il vient d'être question font suffisamment comprendre comment on pourra lever un plan, soit avec la chaîne seulement, soit avec la chaîne et la planchette, soit avec la chaîne et le graphomètre, soit, enfin, avec l'un quelconque des instruments servant à mesurer une distance, et l'un quelconque des instruments servant à mesurer les angles. Les principes sont toujours les mêmes, quel que soit le degré de précision que l'on veut atteindre ; les précautions que l'on prend sont seules différentes.

Quand on lève à la planchette, le plan est immédiatement rapporté sur le papier. Avec les autres instruments, on se borne à faire un croquis à vue du terrain, sur lequel on inscrit les angles et les longueurs mesurés.

Quelle que soit la méthode de levé que l'on emploie, nous ne saurions assez recommander de tenir un carnet résumant systématiquement les données du croquis ou de la minute de la planchette. Les feuilles de droite du calepin de levé peuvent être réservées pour les croquis, et les feuilles de gauche divisées en colonnes portant les indications suivantes, dont l'emploi se comprend sans nouvelle explication.

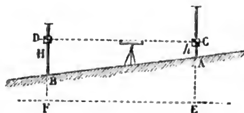
NIVELLEMENT.

DÉSIGNATION des STATIONS.	DÉSIGNATION des CÔTÉS.	LONGUEURS des côtés.	ANGLES formés par les lignes d'opération entre elles.	avec le méridien magnétique	OBSERVATIONS.

II. NIVELLEMENT. Pour déterminer complétement la position des divers points dans l'espace, il faut connaitre, non-seulement la position de ces points en plan, mais encore leurs hauteurs relatives. On obtient ce nouvel élément de détermination en mesurant la hauteur de ces divers points au-dessus ou au-dessous d'une même surface de niveau.

L'opération élémentaire consiste à déterminer ces hauteurs pour deux points : c'est ce que l'on appelle un nivellement simple.

L'observateur étant en A (fig. 9), et l'instrument donnant une ligne de niveau *cd*, on place successive-



ment aux points C et D un voyant mobile le long d'une tige verticale. Quand le centre du voyant se trouve à la hauteur de la ligne de niveau *cd*, on mesure directement les longueurs des tiges H et *h* comprises entre le centre du voyant et les points C et D. La différence H-*h* donne la hauteur du point A au dessous du point B.

Lorsque la distance du point C au point D est un peu considérable, il est nécessaire, à moins que l'instrument ne soit au milieu de la distance qui sépare les deux points donnés, de tenir compte de la déviation que les lignes de visée éprouvent dans l'atmosphère, et de la sphéricité du globe ; car les hauteurs relatives des divers points que l'on compare doivent être rapportées à la surface d'un sphéroïde parallèle à celui des mers, et non pas au plan que fournit la ligne de visée de nos instruments.

Les cotes observées directement, en procédant comme on vient de l'expliquer, sont dites cotes de *niveau apparent*. Les cotes de niveau vrai sont celles que l'on déduit des cotes observées, en y appliquant la double correction relative à la sphéricité terrestre et à la réfraction.

Il est inutile d'indiquer ici les calculs relatifs à ces divers genres de correction. Le tableau suivant en donne les résultats moyens pour quelques-unes des distances ordinaires d'observation.

On voit, par ce tableau, que les corrections dont il s'agit sont tout à fait négligeables, lorsqu'on ne s'écarte pas assez du milieu de la ligne qui joint les points pour que la différence des lignes de visée n'excède pas 30 ou 40 mètres, ce que l'on peut toujours obtenir dans les opérations pratiques, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles.

DISTANCES en MÈTRES.	CORRECTION relative à la sphéricité terrestre.	CORRECTION relative à la réfraction atmosphérique.	DIFFÉRENCE des deux effets, ou élévation du niveau apparent au-dessus du niveau vrai.
40	0,0001	0,0000	0,0001
60	0,0003	0,0001	0,0002
00	0,0005	0,0001	0,0004
100	0,0008	0,0001	0,0007
120	0,0011	0,0002	0,0009
140	0,0015	0,0002	0,0013
160	0,0020	0,0003	0,0017
180	0,0025	0,0004	0,0021
200	0,0031	0,0005	0,0026
300	0,0071	0,0011	0,0059
400	0,0126	0,0020	0,0106
500	0,0196	0,0031	0,0165

Niveaux. On se sert, pour déterminer le plan de visée, d'instruments plus ou moins perfectionnés. Ceux que l'on désigne sous le nom de niveaux à lunette et à bulle d'air donnent généralement les résultats les plus précis. Leur usage se multiplie chaque jour davantage. Nous ferons d'abord connaître les deux instruments de cette espèce les plus fréquemment employés.

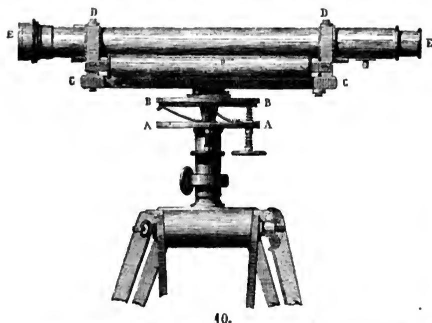
Le niveau à bulle d'air, partie essentielle des instruments que nous allons décrire, et que l'on retrouve dans tous les instruments de physique, se compose d'un tube de verre de forme à peu près cylindrique, presque entièrement rempli d'un liquide, fermé hermétiquement à ses deux bouts, et dans lequel on laisse un petit espace occupé par une bulle d'air. Supposons d'ailleurs que ce tube a une légère courbure dans le sens de sa longueur. Si, plaçant ce tube dans une position à peu près horizontale, la convexité de la courbure intérieure tournée vers le haut, on incline plus ou moins le tube, de telle manière cependant que la bulle n'atteigne pas les extrémités, la tangente à la courbe intérieure sera, dans toutes les positions du tube, horizontale au point où la bulle s'arrêtera. C'est sur cette observation qu'est fondé l'emploi de ce petit instrument. La courbure intérieure du tube a, dans les niveaux ordinaires, un rayon d'environ 15 mètres. L'instrument est d'autant plus sensible que cette courbure est plus faible, mais en même temps ses indications sont moins rapides, ce qui oblige à s'arrêter à peu près à la limite que nous venons d'indiquer. Les constructeurs soigneux donnent à leurs tubes de niveau la courbure intérieure régulière et déterminée qu'ils doivent avoir, au moyen d'un travail de rodage particulier. Mais la plupart des niveaux que l'on trouve dans le commerce sont fabriqués avec des bouts de tubes de verre ordinaire, présentant naturellement ou autrement une certaine courbure.

Le liquide des tubes de niveau doit présenter une grande mobilité, et pouvoir en même temps résister aux plus grands froids. On emploie ordinairement de l'alcool ou de l'éther, ou mieux, un mélange de ces deux liquides. Depuis quelque temps, on remplit les tubes de niveau avec du sulfure de carbone, liquide qui présente sur les précédents, pour cette application spéciale, une supériorité très marquée.

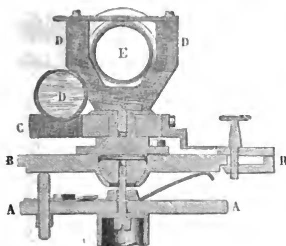
Le niveau à lunette d'Egault et celui de Lenoir sont les deux systèmes les plus fréquemment employés aujourd'hui. On va les décrire l'un après l'autre.

1. Le niveau d'Egault (fig. 10 et 11) se compose de deux tablettes circulaires : la première, AA, est établie à angle droit, au moyen d'une douille, sur le goujon d'un pied à trois doubles branches. La seconde, BB, dont le centre est placé à un ou deux centimètres au-dessus de la

première, est rattachée à celle-ci par une noix hémisphérique fixée à l'extrémité d'une vis qui traverse la tablette inférieure, comme l'indique nettement la coupe à grande échelle (fig. 11). L'écartement entre les deux tablettes et la position des plans de ces tablettes sont modifiés au moyen de deux vis et de deux ressorts.



10.



11.

D'après ces dispositions, le goujon du pied fût-il sensiblement éloigné de la position verticale, rien ne s'oppose à ce que le plateau supérieur soit rendu horizontal.

Dans un certain nombre de niveaux, le plateau supérieur est directement porté par un pied à trois vis calantes, comme le cercle du niveau de Lenoir, dont on parlera plus loin. Les instruments portés ainsi sur trois vis calantes ont en général plus de stabilité que ceux à deux vis et à deux ressorts disposés comme le montre notre figure, mais ces derniers sont presque toujours préférés par les opérateurs, à cause de la facilité et de la promptitude de leur mise en station. On exécute du reste maintenant un système de calage sans ressorts qui offre par conséquent la stabilité des trépieds, et qui ne porte cependant que deux vis placées dans des plans diamétraux perpendiculaires.

Quelles que soient les dispositions de calage adoptées, les pièces placées au-dessus du plateau supérieur sont toujours les mêmes, dans tous les instruments disposés dans le système de M. Égault. Au centre de ce plateau s'élève à angle droit un axe d'une épaisseur presque égale à sa hauteur, autour duquel peut tourner un bâti, auquel est fixé le niveau à bulle. Aux extrémités de ce bâti s'élèvent les deux collets D, qui supportent la lunette.

Lorsque l'instrument a été réglé, la tangente au sommet de la bulle d'air, les génératrices passant par les points de contact correspondant de la lunette avec les collets, l'axe de la lunette et le plateau supérieur doivent tous se trouver dans des plans parallèles, et ces plans parallèles suivent tous les mouvements que l'on imprime au plateau. Il suffit donc, quand l'instrument est réglé, pour rendre l'axe de la lunette horizontal, de rendre horizontal le plateau supérieur lui-même. Pour obtenir ce résultat, on se sert des deux vis et des deux ressorts interposés entre les plateaux. On place la lunette à peu près dans le plan d'un ressort et d'une vis, que l'on fait tourner jusqu'à ce que la bulle du niveau soit amenée au milieu du tube, entre les repères gravés à sa surface. On fait faire alors à la lunette et au bâti un quart de révolution pour les amener dans le plan du second ressort et de la seconde vis, et, à l'aide de celle-ci, on amène la bulle entre ses repères dans cette nouvelle position. Il arrive rarement que le plateau inférieur soit rigoureusement horizontal après ces deux premières opérations, on imprime donc au bâti un second mouvement de révolution de 90° dans le *même sens* que le premier, pour le ramener dans le plan du premier ressort et de la première vis. Un léger mouvement de cette vis suffit alors en général pour ramener la bulle entre les repères. Quand cette condition est remplie, on fait encore faire au bâti un quart de révolution, et dans cette quatrième position on ramène encore la bulle entre des repères à l'aide de la deuxième vis. Quand le niveau est en bon état, on peut alors placer le bâti et sa lunette dans tous les azimuts sans que la bulle s'écarte sensiblement de ses repères. Si l'instrument est bien réglé, l'axe de la lunette dans toutes ces positions est horizontal, et l'on peut dès lors s'en servir pour déterminer, comme on l'a dit en commençant, la différence de deux points visibles du lieu de la station.

Mais il se pourrait que l'instrument ne fût pas réglé, il faut alors qu'il présente toutes les facilités désirables pour qu'on le puisse régler soi-même. La mise en état d'un niveau d'Égault résulte de quatre opérations distinctes :

1° L'établissement du parallélisme entre le plan du plateau supérieur et le plan tangent, au milieu de la courbure intérieure du niveau à bulle, que nous appellerons le plan de niveau de la bulle d'air;

2° L'établissement du parallélisme entre le plan de niveau de la bulle d'air et les génératrices passant par les points de contact des collets;

3° Le centrage de la lunette;

4° La vérification de l'égalité des collets.

1re *opération*. Si la bulle d'air n'est point parallèle au plateau supérieur, en faisant décrire au bâti qui la supporte un angle de 180° autour de son axe, la bulle changera de position. La position de la bulle, avant et après la demi-révolution, indiquera quelle est l'extrémité du tube qui se trouve la plus élevée au-dessus du plateau, et alors, en manœuvrant la vis qui se trouve à l'une des extrémités de ce tube, on amènera la bulle à être parallèle au plan du plateau. Cela fait, on pourra rendre ce plateau horizontal par le procédé indiqué

ci-dessus, et l'on vérifiera alors (2ᵉ opération) si les collets sont fixés de manière que les génératrices du contact de la lunette sur les collets soient parallèles au plateau et à la bulle.

2ᵉ *opération*. Pour cela, il suffira de viser avec la lunette le centre d'un voyant placé à une hauteur convenable; puis faisant décrire au bâti, comme tout à l'heure, un angle de 180°, on tournera la lunette bout pour bout, sans lui imprimer aucun mouvement autour de son axe longitudinal. Si les génératrices de contact ne sont pas parallèles au plateau, il est clair que le point de mire observé dans la première opération se trouvera dans la seconde au-dessus ou au-dessous de la ligne de visée. Suivant le cas on abaissera ou on élèvera celui des deux collets monté sur une vis, jusqu'à ce que le parallélisme cherché soit obtenu.

3ᵉ *opération*. Pour bien comprendre l'opération du centrage de la lunette, il est nécessaire de rappeler rapidement la construction de cet instrument.

Les lunettes employées dans les niveaux et dans les instruments de levé se composent en général d'un objectif O (fig. 12) et d'un oculaire oo ordinairement à deux verres. En avant de l'oculaire, on place un diaphragme percé d'une large ouverture circulaire, au centre de laquelle se coupent, à angle droit, deux fils extrêmement déliés. Ce diaphragme, et par conséquent les fils en croix qu'il supporte, peut être amené par un mouvement très lent, perpendiculaire au plan de la lunette, dans la position exacte qu'il doit occuper. Ce mouvement lent s'obtient par différentes dispositions. Beaucoup d'opticiens se bornent à saisir le diaphragme entre les pointes de quatre petites vis traversant le corps de la lunette et placées dans des plans diamétraux. Dans les instruments plus soignés, le porte-fil est placé, comme l'indique la figure, à l'extrémité d'un tube d'un diamètre moindre que le tube de la lunette. Deux vis traversant le corps de la lunette, et deux ressorts situés dans les plans diamétraux de ces vis, permettent de donner à ce tube la position exacte qu'il doit occuper.

Quel que soit le procédé adopté pour la fixation du porte-fil, il faut qu'il soit monté dans un tube à tirage, mobile à la main, ou avec une crémaillère, de manière à ce que l'on puisse toujours amener les fils dans le plan même où se forme l'image de la mire, ou de l'objet que l'on observe. L'oculaire, à son tour, est porté par un second tirage, qui permet de l'amener à la distance convenable pour que l'on voie très nettement les fils, et qu'ils ne semblent pas se déplacer quand on fait varier un peu la position de l'œil. Pour se servir d'une lunette de niveau, il faut donc :

1° Amener l'oculaire à la distance convenable pour l'œil de l'observateur, au moyen du tirage spécial à cet oculaire;

2° Imprimer au tirage du réticule, qui entraîne l'oculaire, un mouvement tel que les fils coïncident parfaitement avec l'image de l'objet.

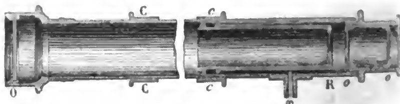
La première opération n'a besoin d'être faite qu'une fois par chaque observateur. La seconde doit être répétée à chaque station, la position de l'image, par rapport à l'objectif, variant avec la distance de l'objet. Quelquefois l'objectif est mobile, c'est une mauvaise disposition.

Cela posé, pour que la lunette soit centrée, il faut que l'axe de figure de la lunette coïncide avec l'axe optique de l'instrument, c'est-à-dire que le même point de l'image de l'objet doit se trouver à la croisée des fils, quelle que soit la position de la lunette sur son axe de figure, pourvu que cet axe lui-même n'ait pas été déplacé.

Pour obtenir cette condition dans la lunette du niveau d'Egault, on fait placer une mire à une grande distance, de manière que le centre du voyant soit exactement au point de croisée des fils, puis on fait faire à la lunette sur ses collets autour de son axe une demi révolution et l'on observe de nouveau la mire. Si le point de visée est encore à la croisée des fils, la lunette est centrée; dans le cas contraire, on agit sur les vis qui règlent la position du réticule, jusqu'à ce que l'expérience du retournement dont on vient de parler puisse être faite avec succès.

Il est convenable de régler le niveau toutes les fois que les conditions précédentes ne sont pas satisfaites, à deux ou trois centimètres près, à une distance de 100 mètres. On doit remarquer cependant que l'on peut encore opérer exactement avec un niveau qui n'est pas exactement réglé. Il suffit en effet, comme il est facile de le reconnaître, pour avoir un résultat exact, de prendre la moyenne de 4 lectures et même de 2 lectures faites après de convenables retournements, indiqués dans toutes les instructions qui accompagnent les niveaux d'Egault.

4ᵉ *opération*. Les fabricants d'instruments vérifient l'égalité des collets des lunettes des niveaux d'Egault, au moyen d'un niveau à bulle extrêmement sensible que l'on pose sur les fourchettes du bâti et ensuite sur la lunette elle-même placée sur ces fourchettes. Sur le terrain, cette importante vérification, que l'on néglige malheureusement souvent, s'exécute de la manière suivante. On place deux mires à deux cents mètres environ l'une de l'autre; on installe le niveau, bien réglé, au milieu de l'espace qui les sépare. Cette première observation, quelle que soit l'inégalité des collets, donne la différence exacte de hauteur des points où se trouvent les mires. On fait ensuite 3 ou 4 observations de stations de plus en plus rapprochées de l'une des mires : si la différence de niveau des deux points résultant de ces observations successives est constante, l'égalité des collets se trouve démontrée. Dans le cas contraire ils sont inégaux, et l'on doit réduire le plus gros par un rodage soigneusement exécuté avec un linge doux, imbibé d'huile et d'un peu d'émeri très fin. Un croquis que chacun peut faire permettra de se rendre compte facilement de la méthode qui précède.

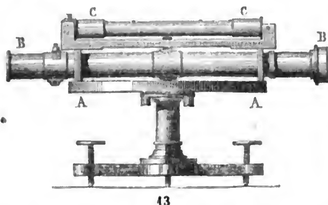


12.

2. Le niveau cercle de Lenoir est encore plus simple que le précédent, il est souvent employé et a été fortement recommandé dans ces derniers temps par M. Bourdaloue, qui s'est tant occupé des nivellements. On doit reconnaître cependant qu'il est d'un maniement un peu moins simple. La plupart des ingénieurs préfèrent encore le niveau d'Egault.

Le niveau cercle de Lenoir (fig. 13), se compose d'un simple disque en cuivre tourné AA, porté sur trois vis calantes et que l'on pose sur un pied ordinaire à six branches. On place sur le disque un niveau à bulle, et à l'aide des vis du trépied, on amène ce disque à être parfaitement horizontal. On enlève alors le niveau, on pose la lunette sur le disque, et au-dessus de la lunette, en contact avec les corps carrés dont elle est garnie, le niveau à bulle. Si le plateau est horizontal et que les corps carrés soient égaux, il est clair que la bulle reste entre ses repères.

La mise en état du niveau de Lenoir consiste à régler la bulle sur sa platine, au moyen d'un retournement, à centrer la lunette, et enfin à égaliser les corps carrés si le frottement ou tout autre cause avait altéré leur égalité.

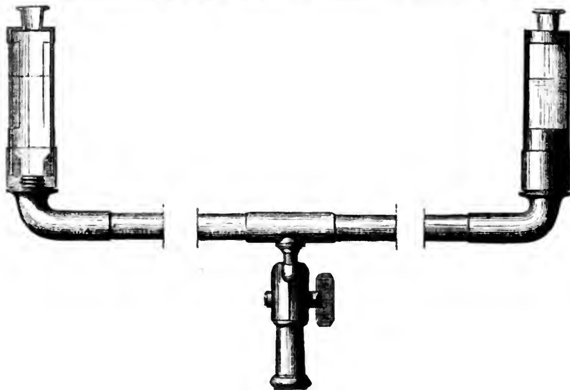


13

On fait deux lectures avec ce niveau, comme avec le précédent, l'une avant et l'autre après avoir retourné la lunette autour de son axe longitudinal, et l'on prend la moyenne des deux indications, qui doivent différer à peine de 1 ou 2 centimètres pour une distance de visée de 100 mètres.

3. Quand il s'agit d'opérations exigeant un moindre degré de précision que celles qui nécessitent l'emploi des niveaux à bulle, ou que l'on est forcé de confier à des agents moins soignenx et moins instruits, on se sert du *niveau d'eau*, le plus répandu des instruments de nivellement.

La fig. 14 représente un niveau d'eau de la meil-



14.

leure construction. C'est un tube en cuivre terminé, à ses extrémités recourbées, par des pas de vis sur lesquels s'adaptent des fioles en cristal garnies de viroles taraudées. Le tube en cuivre est porté au milieu de sa longueur par un genou à coquille que l'on place sur un pied à trois branches. Pour transporter l'instrument, on dévisse les fioles et on les renferme dans une petite boîte destinée à cet usage; on attache d'ailleurs le tube en cuivre le long du pied en bois au moyen de deux courroies à boucle. Les niveaux ainsi disposés sont de beaucoup préférables à ceux qui se démontent en trois pièces. Un niveau d'eau comme celui que nous décrivons coûte avec son pied de 25 à 30 francs. On peut se procurer au prix de 5 à 6 fr., sans le pied, des niveaux en fer-blanc avec fioles mastiquées en verre, mais ces instruments sont très-fragiles et d'un mauvais usage.

Pour se servir du niveau d'eau, on l'installe sur son pied et on le remplit d'eau, de manière que ce liquide arrive à peu près au milieu de la hauteur de chacune des fioles. Pour viser avec quelque exactitude, on se place à un mètre environ en arrière de l'instrument, et on fait placer la mire de manière qu'on aperçoive son centre en bornoyant tangentiellement aux fioles les bords des ménisques formés par l'eau qui sont dans un même plan horizontal. Pour rendre ces ménisques plus apparents, quelques opérateurs colorent l'eau avec du carmin ou de l'indigo. Il vaut mieux employer de l'eau pure et lui donner un reflet noirâtre au moyen d'obscurateurs en fer-blanc placés le long des fioles, comme l'indique la figure.

Pour changer de station, on bouche avec le pouce l'une des fioles et on enlève l'instrument en relevant l'autre fiole pour que l'eau ne s'écoule pas. On adapte à quelques niveaux des robinets ou des bouchons de liége pour changer de station. Cette méthode est très-mauvaise, parce que l'on peut oublier d'ouvrir le robinet ou d'enlever le bouchon avant d'opérer, et alors la ligne de visée n'est plus horizontale. Dans les grands vents, l'eau prend dans le niveau d'eau un mouvement d'oscillation qui rend l'opération incertaine et quelquefois impossible. On peut diminuer l'action du vent en plaçant sur le goulot des fioles des pièces de monnaie ou bien de petits cornets en papier qui ne les *bouchent pas* complétement, mais qui amortissent la force du vent. Un moyen plus simple et plus parfait consiste à relier par un tube en caoutchouc les deux orifices des fioles. Il est évident que l'on ne change pas ainsi les conditions hydrostatiques de l'instrument, et que l'on s'oppose complétement à l'action du vent. En même temps, cette disposition rend inutiles toutes

les précautions que l'on doit prendre avec les niveaux ordinaires, pour changer de station sans répandre d'eau.

On tend à remplacer maintenant par des niveaux à bulle et à pinnules, pour les opérations ordinaires, le niveau d'eau dont nous venons de parler. Nous indiquerons, en parlant du niveau de pente de Chézy, la construction de ces instruments.

Mires. On emploie deux espèces de mires dans les opérations de nivellement, la mire à *voyant* et la mire dite *parlante*.

La mire à voyant, que tout le monde connaît, se compose d'une plaque rectangulaire ou voyant de $0^m,20$ environ de côte divisée en 4 carrés égaux peints alternativement en blanc et en rouge, et pouvant glisser le long d'une règle divisée qui peut s'allonger jusqu'à 4 mètres. On vise le centre de ce voyant, et on le fait élever ou abaisser par le porte-mire jusqu'à ce qu'il soit dans le prolongement de la ligne de visée de l'instrument de nivellement que l'on emploie.

Les mires à voyant, très-convenables pour le niveau d'eau, et dans les opérations à petite distance, sont remplacées on ne peut plus avantageusement par les mires parlantes, quand on se sert de niveaux à lunette ou à pinnules. Les mires parlantes sont de simples règles de 2 à 6 mètres de longueur et $0^m,10$ environ de largeur, sur lesquelles on trace des divisions et des chiffres assez apparents pour être aperçus avec la lunette à la distance de la plus grande portée des instruments. La mire a deux centimètres à peu près d'épaisseur à sa base, et se réduit à $0^m,01$ ou même $0^m,008$ à sa partie supérieure. Deux baguettes en bois placées latéralement augmentent la roideur de la planche. Enfin une barre transversale fixée à $1^m,50$ ou $1^m,60$ du sol, permet au porte-mire de maintenir solidement la mire verticale, même par les plus grands vents.

Avec les niveaux d'Egault ordinaires, on apprécie facilement à 200 mètres le quart d'une division de $0^m,01$, tracée sur une mire parlante. La moyenne des deux observations donne donc la cote vraie à un millimètre près environ.

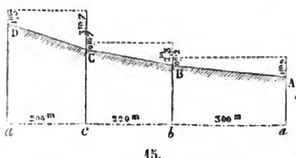
M. Bourdaloue, qui a dirigé les plus grandes opérations de nivellement entreprises dans ces dernières années, a fortement concouru à répandre l'usage de ces instruments. Sa grande expérience l'a conduit à adopter pour ses mires, comme le plus convenable, le système de graduation suivant. Le chiffre 9 est remplacé par N pour que l'instrument qui renverse ne le fasse pas confondre avec le 6. De même le chiffre 5 est remplacé par un V, pour éviter toute confusion avec le 3. La mire dont il s'agit est divisée par $0^m,02$ ou par $0^m,04$. On lit les *décimètres* par les chiffres, et les millimètres en comptant le nombre de divisions et en évaluant la fraction de division où tombe le fil de la lunette.

Rapport du nivellement. Après avoir décrit les instruments qui servent au nivellement, nous avons à indiquer comment on tient note sur le terrain, et comment ensuite on rapporte au cabinet les résultats des observations.

Quand on observe d'une même station toutes les côtes des points dont on veut déterminer la hauteur relative, l'opération constitue un nivellement simple. Un enchaînement de nivellements simples, rattachés les uns aux autres par les côtes d'un même point, prises de deux stations consécutives, constitue un *nivellement composé*.

Pour rendre intelligible un nivellement composé, il faut rapporter les côtes de tous les points à un même plan de niveau. On choisit habituellement un plan inférieur, situé à une hauteur connue, au-dessous d'un repère fixe; quand on le peut, on choisit pour ce plan de comparaison le niveau de la mer, quand sa position est connue.

Rien de plus simple d'ailleurs que ces calculs. Supposons par exemple qu'il s'agisse de rapporter le nivellement dont les données sont fournies par les observations consignées sur le croquis fig. 15; il est clair



15.

que si l'on prend le plan de comparaison auquel on veut rapporter le nivellement à 10 mètres au-dessous du point A, on aura par les divers points les côtes suivantes :

Cote du point A.		10 m.
Hauteur du premier plan de visée. . 10+1,9.	11,9	
Cote du point B. 11,3 — 0,2. . . .		$11^m,7$
Hauteur du second plan de visée, . . $11^m,7+2,3$.	14	
Cote du point C 14 — 0,7.	3,3	

et ainsi de suite en opérant de la même manière.

En général, pour rapporter à un plan de niveau inférieur un nouveau point N de nivellement, dont on connaît la hauteur relative, par rapport à un point M dont on connaît la côte m, il faut ajouter à cette quantité m la côte arrière observée sur le point M, et retrancher de cette somme la côte avant observée du même point sur le point N.

Pour établir nettement les résultats et les calculs d'un nivellement, on emploie un carnet disposé comme l'indique le tableau ci-contre, dont quelques heures d'exercice apprennent facilement l'usage.

On remarque que, d'après le mode du calcul indiqué ci-dessus, il suffit, pour vérifier une opération, de s'assurer que la différence des coups avant et arrière est égale à la différence de niveau du point de départ et du point d'arrivée que l'on considère. On ne saurait trop recommander de tracer le croquis à côté du nivellement, en même temps que l'on remplit les colonnes du tableau. Cette double opération rend à peu près impossibles les erreurs d'écriture.

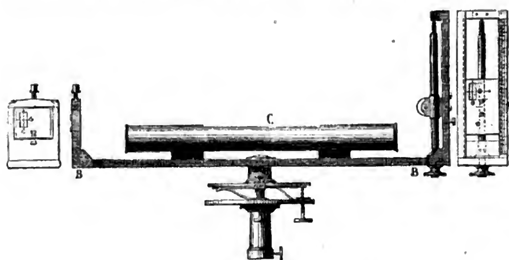
Avec les niveaux à lunette et à bulle d'air que nous avons décrits, deux nivellements faits entre les mêmes points de départ et d'arrivée ne doivent pas donner plus de $0^m,01$ à $0^m,02$ de différence sur une longueur de 40 à 50 kilomètres. Ce degré d'approximation a souvent été obtenu dans les opérations faites avec soin.

Clisimètres. Tous les instruments décrits dans ce qui précède donnent des lignes de visée rigoureusement horizontales. On a souvent besoin, dans les terrains accidentés et dans quelques autres circonstances, d'instruments fournissant une ligne d'une inclinaison donnée par rapport à l'horizontale.

Parmi les instruments qui remplissent ce but, et que l'on désigne sous le nom générique de clisimètres, nous ne signalerons que le niveau de pente de Chézy, que l'on emploie fréquemment dans le service des ponts et chaussées, et la boussole éclimètre, d'un usage très-commode pour les opérations qui n'exigent pas une très-grande précision, mais qui embrassent des étendues considérables de terrain.

Nos des Stations.	Longueurs horizontales comprises entre les points successifs de nivellement.	Nos d'ordre et désignation des points de nivellement.	Cotes rapportées aux plans partiels de nivellement.				Cotes rapportées au plan général.	Cotes des plans partiels de nivellement rapportées au plan général.	Croquis et observations.
			Côte avant.		Côte arrière.				
			Cotes directement observées.	moyennes.	Cotes directement observées.	moyennes.			

Le niveau de Chézy (fig. 46) se compose d'une simple règle BB, montée dans les instruments soignés sur un pied semblable à celui des niveaux d'Egault, et garnie à ses extrémités de pinnules perpendiculaires à sa direction. Cette règle porte en son milieu un niveau à bulle ordinaire C. Les pinnules que l'on voit de face (fig. 17 et 18) ne sont autre chose que des plaques de cuivre, percées d'un trou très-fin et d'une fenêtre rectangulaire garnie d'un crin. On vise la mire en plaçant l'œil près de l'un des trous et regardant les fils en crin de la pinnule opposée. L'une des pinnules peut glisser dans un cadre dont le bord est gradué (fig. 18), de manière que la ligne de visée dirigée par le trou de cette pinnule et le croisement des fils de l'autre pinnule, fasse un angle donné avec l'horizontale indiquée par le niveau à bulle.



Échelle de 0,25.
17. 46. 48.

La petite pinnule porte une vis qui permet de régler l'instrument, c'est-à-dire de le disposer de telle sorte que l'on puisse le retourner en ramenant la bulle entre ses repères sans que la ligne de visée (la pinnule mobile étant à 0°) cesse d'être horizontale.

Quand la pinnule mobile est au 0° de son échelle, l'instrument bien réglé donne une ligne de visée horizontale et sert comme le niveau d'eau ou tout autre niveau. On construit même de petits niveaux à deux pinnules fixes qui sont d'un usage fort commode.

Le niveau de pente de Chézy peut servir : 1° à niveler par visées horizontales; 2° à donner l'inclinaison d'un terrain donné; 3° à tracer sur le sol une ligne d'une déclivité donnée; 4° à mesurer les distances avec une approximation comparable à celle que peut donner la chaîne.

Un bon niveau de Chézy donne les pentes à un ou deux millimètres près.

Quelquefois, on ajoute au niveau de Chézy une boussole sans la règle, ou bien un cercle gradué. L'instrument peut alors servir à la fois pour mesurer les angles, faire les nivellements, et, jusqu'à un certain point, évaluer les distances. Un seul opérateur, accompagné d'un seul aide pour porter la mire, peut donc, avec cet instrument, dresser très-rapidement un avant-projet complet, composé d'un plan, d'un nivellement et de profils en travers. On ne saurait assez recommander cet instrument aux agents des chemins vicinaux pour toutes les études de projets de travaux agricoles.

L'éclimètre, dont nous avons parlé ci-dessus, n'est autre chose qu'une boussole montée sur un pied de niveau d'Egault, sur l'une des faces latérales de laquelle est fixé un cercle vertical dont la ligne de foi, 0°—180°, peut être amenée dans une position horizontale au moyen de vis de rappel et d'un niveau à bulle. Autour d'un axe horizontal dont le centre coïncide avec celui du cercle, peut tourner une lunette que l'on dirige successivement sur les objets à viser; on lit exactement à l'aide d'un vernier l'angle que fait l'axe optique de la lunette avec la ligne de foi du cercle vertical, et on déduit facilement de ces observations les hauteurs relatives de deux points dont on connaît d'ailleurs les distances à l'instrument.

L'éclimètre est principalement employé pour les levés topographiques étendus. Il sert aussi pour les études d'avant-projets de grandes voies de communication. Mais comme son usage conduit à des calculs trigonométriques que nous ne pourrions faire comprendre sans plusieurs figures, nous renverrons aux ouvrages spéciaux de topographie les personnes qui pourraient avoir besoin de s'en servir.

Prix de revient des opérations de nivellement. Un bon niveleur, avec deux mires parlantes, peut faire, par jour, dans des terrains de difficulté moyenne, de 5 à 10 kilomètres de nivellement de profil en long avec cotes espacées de 50 à 80 mètres. J'ai vu faire davan-

tage, mais ce chiffre peut être regardé comme une moyenne. On ne doit pas oublier d'ailleurs que tout nivellement doit être vérifié, c'est-à-dire fait au *moins* deux fois. Cette donnée peut servir de base à des évaluations de dépenses de nivellement. Pour fixer davantage les idées, aujourd'hui que tant de personnes s'occupent de faire étudier des lignes de chemins de fer, il ne sera pas sans intérêt de rappeler les chiffres suivants :

Les anciennes études du chemin de fer de Lyon à Avignon, avec embranchement sur Grenoble, ont coûté à l'Etat pour 316 kilomètres étudiés, la somme de 29,045 fr., soit par kilomètres.	92 f.
On a étudié beaucoup de variantes et le terrain était difficile.	
Le chemin de Bordeaux à Bayonne, pour 110 kil., a coûté 6,783 fr., soit par kil. . . .	61
Le chemin de fer du Centre, pour 481 kil. étudiés, a absorbé 36,000 fr., soit par kil. . .	75
L'embranchement d'Auxonne à Gray, par kil. étudié (à peu près).	100
Les études du chemin de fer de Marseille à la frontière d'Italie se sont étendues à 245 kil.; elles ont coûté 13,949, soit par kil.	57
La ligne de Lyon à Genève a coûté par kil.	134
Enfin, les études du chemin de fer de ceinture.	177

La moyenne des chiffres précédents, empruntés à des documents officiels, est de 99 f. 42 c. par kil. On doit remarquer que ce prix est un peu faible, parce que le traitement de certains agents, employés en réalité aux études, a pu être payé sur d'autres fonds.

On peut estimer que des études complètes et bien faites d'un chemin de fer dans un terrain ordinaire ne reviennent pas à plus de 200 fr. par kil., tous frais compris. L'avant-projet d'une ligne, en ne comptant pas le traitement de l'ingénieur, peut se faire moyennant 50 à 70 fr. par kil.

Mais à ces frais d'études viennent s'ajouter, quand il s'agit de former une société, des dépenses de toutes sortes et de beaucoup supérieures aux premières. Ainsi, en Allemagne, les frais de premier établissement des compagnies se sont élevés de 750 à 1,000 francs par kil. Ce dernier chiffre nous semble se rapprocher beaucoup de la somme qu'il faut pouvoir exposer quand on se propose de chercher à organiser une compagnie de chemin de fer.

On peut faire lever et rapporter à la tâche les profils en travers. On paye de 4 à 5 francs par kil. ce genre de travail, les coups de niveau étant espacés de 20 à 30 mètres. Le levé et le nivellement par courbes horizontales distantes de $0^m,50$ à 1 mètre, revient de 2 à 4 francs par hectare, selon l'habileté de l'opérateur et la difficulté du terrain.

III. REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES OPÉRATIONS DU LEVÉ DU PLAN ET DE NIVELLEMENT. Lorsqu'on a déterminé par les moyens dont il vient d'être question, en plan et en élévation les positions respectives des points remarquables d'une certaine étendue de terrain, il faut obtenir par le dessin une représentation graphique des opérations, qui permette de percevoir nettement les résultats et de les embrasser d'un coup d'œil.

Lorsque les opérations sont circonscrites à une portion de la surface de la terre assez restreinte pour que l'on puisse négliger de tenir compte de la courbure du globe, et c'est le seul cas que nous voulions examiner ici, il suffit de rapporter sur le plan, dans leur véritable grandeur, les angles observés réduits à l'horizon et de réduire, suivant la proportion fixée par l'échelle, toutes les distances qui séparent les points.

Le plan dressé, il suffirait d'écrire auprès de chaque point sa hauteur relative, pour compléter l'ensemble des résultats obtenus. Mais cette méthode, que l'on emploie du reste quelquefois, ne parle pas assez aux yeux et ne permet pas de saisir rapidement le relief du terrain. On a dû chercher par conséquent à perfectionner ce mode de représentation. Tous les moyens employés autrefois à cet effet étaient extrêmement imparfaits. C'est seulement depuis une centaine d'années, grâce à l'ingénieuse idée du géographe Buache et aux efforts de Ducarla, que l'on est parvenu à une méthode satisfaisante, consistant à tracer sur les cartes les lignes d'intersection du terrain par des plans horizontaux équidistants. Les courbes ainsi tracées définissent parfaitement le terrain et permettent de connaître immédiatement les hauteurs relatives et les formes des différentes parties du sol. Mais dans la plupart des cartes gravées, l'on complète la représentation graphique du terrain au moyen de hachures dirigées suivant les lignes de plus grande pente et par conséquent perpendiculaires aux horizontales. Ces lignes de plus grande pente ne se tracent pas d'une manière continue, on les interrompt à la rencontre des lignes de plus grande pente, et en général les hachures, qui dans une tranche représentent les lignes de pente, ne se tracent pas exactement dans le prolongement de celles qui leur correspondent le plus exactement dans la tranche immédiatement inférieure.

Afin de rendre plus facilement appréciables les différences de pentes par les nuances que produisent ces hachures, on est convenu de les espacer du quart de leur longueur, et de plus de leur donner une épaisseur inversement proportionnelle à leur longueur.

La distance des courbes du niveau est d'autant plus grande que l'échelle du plan est plus petite. Ainsi l'espacement des plans de section qui déterminent les courbes est de 10 mètres dans les minutes de la carte d'état-major à l'échelle de 1/40,000; elle est de 20 mètres dans les mêmes cartes réduites pour la gravure à l'échelle de 1/80,000, et souvent elle se réduit à 1 mètre ou même $0^m,50$ dans les plans à 1/1,000 qui accompagnent les projets de travaux.

C'est d'après leur échelle que l'on classe les divers dessins qui représentent la surface terrestre. Les *cartes géographiques* embrassent de grandes étendues de terrain, elles ne donnent que les points principaux, on n'y retrouve pas les courbes horizontales, les chaînes de montagnes sont indiquées seulement par quelques hachures. Leur échelle est ordinairement comprise entre 1/1,000,000 et 1/2,000,000.

Les cartes topographiques, au contraire, reproduisent tous les détails essentiels du terrain, et indiquent les lignes horizontales. Leur échelle est comprise entre 1/1,000 et 1/100,000.

Enfin les cartes dont l'échelle est comprise entre 1/200,000 et 1/500,000, portent le nom de cartes *corographiques*.

Mode de représentation pour l'exécution des travaux. Quel que soit le degré de perfection que comporte l'exécution des cartes topographiques, le mode de représentation du terrain exposé ci-dessus ne présente pas encore une précision suffisante, quand il s'agit d'évaluer des volumes de terres à déplacer. Il faut en effet que l'on puisse, dans ce cas, substituer à la surface réelle une surface géométrique d'une définition simple et qui représente le terrain de la façon la plus exacte possible. C'est ce que l'on n'obtiendrait pas avec les courbes horizontales. On complète donc les indications du plan par un système de profils qui s'applique plus particulièrement aux études de voies de communication, mais qui peut également servir au plus grand nombre des opérations industrielles et que l'on va faire connaître.

Un premier profil levé suivant l'axe du projet in-

dique, par ses côtes successives, tous les changements de pente du terrain suivant cette direction. Il représente l'intersection du terrain par la surface verticale qui correspond à l'axe du projet. On l'appelle le profil en long. Puis à chaque changement de pente indiqué par les cotes du profil en long, on prend un *profil en travers*, c'est-à-dire un profil qui, dans un plan vertical normal à la surface cylindrique comprenant le profil en long, donne également une côte à toutes les inflexions du terrain.

Les diverses sections du terrain ainsi définies par une ligne polygonale différant le moins possible de la ligne courbe et ondulée de ce terrain, il reste à définir la surface comprise entre ces diverses sections. Pour fixer la forme de cette surface, on la considère comme se confondant, entre deux profils en travers consécutifs, avec la surface gauche engendrée par une droite s'appuyant sur ces deux profils et parcourant dans son mouvement générateur, sur les côtés correspondants des directions polygonales, des espaces proportionnels.

On obtiendra, en procédant ainsi, des résultats d'autant plus rapprochés de la forme réelle du sol qu'on aura choisi plus judicieusement la position des profils transversaux, qu'on aura multiplié davantage ces profils et qu'on aura défini ces profils eux-mêmes par un plus grand nombre de points convenablement déterminés.

On voit d'ailleurs que, par ce mode de représentation, on pourra toujours remplacer la surface irrégulière du terrain qui ne serait pas susceptible d'être géométriquement définie par un plus ou moins grand nombre de surfaces réglées, gauches ou planes. On remplacera de même les surfaces des formes nouvelles que l'on veut substituer à celles du terrain, et tout le problème de cubature sera ramené à la solution d'une question de géométrie élémentaire.

IV. CUBATURES. Ce qui précède étant bien compris, il est facile de reconnaître que le volume compris entre la surface du sol et celle que l'on veut lui substituer, définie l'une et l'autre comme on vient de dire, pourra toujours se décomposer en un plus ou moins grand nombre de solides terminés latéralement par quatre plans verticaux, inférieurement par un plan horizontal, et supérieurement par un quadrilatère gauche ci-dessus défini.

Pour obtenir le cube exact de ce solide on emploie la formule suivante, dont la démonstration est facile.

Désignons par h', h'', h''', h'''' les longueurs des arêtes verticales, comprises entre la base plane et la surface gauche. Joignons, dans la base plane, les pieds des arêtes h' et h''', nous décomposerons cette base en deux triangles, dont nous désignerons les surfaces par b'''', pour celui dont le sommet est au pied de l'arête h'', et par b'' pour celui dont le sommet est au pied de l'arête h''''. De même, joignons les pieds des arêtes h'' et h'''' et nommons b' et b''' les surfaces des triangles dont les sommets sont respectivement au pied des arêtes h''' et h'. Nous aurons alors par le volume V cherché l'expression.

$$V=\frac{\frac{b'(h''+h'''+h'''')}{3}+\frac{b''(h'+h'''+h'''')}{3}+\frac{b'''(h'+h''+h'''')}{3}+\frac{b''''(h'+h''+h''')}{3}}{6}$$

Tous les éléments qui entrent dans cette formule sont donnés par les observations sur le terrain. Les quantités h', h''... sont les différences de hauteur des points du terrain et du projet situés sur une même verticale. Ces différences s'inscrivent habituellement en rouge sur les projets, ce qui les fait désigner, par abréviation, sous le nom de côtes rouges.

En pratique, la décomposition et les calculs que l'on vient d'indiquer seraient extrêmement longs; on ne les exécute que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles. En général, on se borne à évaluer la surface de déblai ou de remblai de chaque profil et on la multiplie pour avoir le cube de déblai ou de remblai, par la demi-somme des distances qui séparent le profil considéré des profils précédents et suivants.

Pour abréger encore ces calculs, on a construit des tables qui donnent immédiatement les surfaces de déblai et de remblai de chaque profil, pour les ouvrages de formes constantes, comme les routes, les chemins de fer, etc. Mais ce serait nous écarter de notre sujet d'entrer à cet égard dans les détails techniques qui n'intéresseraient que les personnes qui s'occupent exclusivement de travaux publics.

Nous ne parlerons pas non plus de la répartition des terrasses, opération qui succède ordinairement aux calculs des cubatures. (Voyez TERRASSEMENTS).

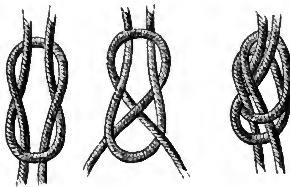
On fera connaître en terminant les échelles obligatoires pour les services dépendants du ministère des travaux publics. A une époque où tant de personnes se trouvent en rapport avec les agents de ce ministère, il ne sera pas inutile de faire connaître les dispositions matérielles des pièces qui doivent leur être soumises. Ces dispositions, du reste, sont sanctionnées par une longue pratique; elles sont très-commodes, et leur usage se répand chaque jour parmi les constructeurs.

Plan général et profil en long : $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$, $\frac{1}{10000}$. — Profils en travers : $\frac{1}{200}$. — Ouvrages d'art : de moins de 100 mètres $\frac{1}{100}$, de plus de 100 mètres $\frac{1}{200}$.

H. MANGON.

NŒUD. La flexibilité des cordes permet de les réunir, soit entre elles, soit à des corps étrangers, au moyen de nœuds produits par l'entrelacement de leurs parties. Par leur moyen, l'effort, qui a lieu sur un brin, détermine sur les parties convenablement entrelacées un frottement croissant en même temps que cette pression, qui empêche le nœud de se défaire, et par suite la séparation. Dans les gros cordages, c'est moins le frottement que la roideur des cordes qui empêche le brin enroulé de se développer; c'est à multiplier cette action que tendent les dispositions adoptées, lorsque des efforts considérables sont en jeu.

Une description de la manière de faire les nœuds serait extrêmement difficile, de manière à ce qu'elle pût être de quelque utilité. Quelques figures feront beaucoup mieux comprendre les dispositions le plus fréquemment adoptées. Les nœuds 1950, 1951 et 1952,

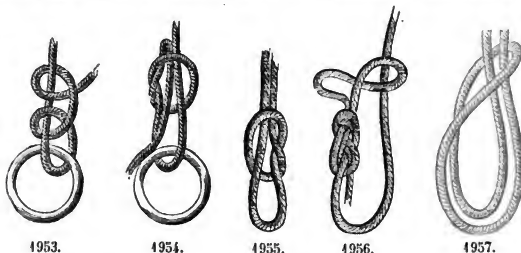


1950. 1951. 1952.

servent à réunir les extrémités des deux cordes; les nœuds 1953 (nœud de marine) et 1954 servent à attacher les cordes à un anneau.

Une espèce de nœuds fréquemment employés est celle des *nœuds coulants*, qui jouissent de la propriété de se serrer de plus en plus, quoique l'effort exercé sur le

bout de la corde augmente. Les figures 1955, 1956, 1957 représentent plusieurs nœuds de ce genre.



1953. 1954. 1955. 1956. 1957.

NOIR ANIMAL. Toutes les fois qu'on calcine, à l'abri du contact de l'air, une matière animale quelconque, on obtient pour résidu un *charbon animal*.

Parmi tous les charbons qu'on peut obtenir de cette manière, celui provenant de la calcination des os est le plus généralement employé.

Le noir d'os a deux applications principales :

1° Il sert à enlever à diverses solutions, particulièrement aux sirops, leur matière colorante;

2° On en fait un grand usage en peinture (Voyez NOIR D'IVOIRE).

Le charbon animal qu'on rencontre dans le commerce ne présente pas toujours une composition identique, elle varie suivant que les os ont été plus ou moins calcinés.

M. Bussy a trouvé que le noir animal avait la composition moyenne suivante :

Charbon contenant 6 à 7 p. 100 d'azote. .	10
Carbure et siliciure de fer.	2
Phosphate basique de chaux.	88
Carbonate de chaux.	
Phosphate et carbonate de magnésie. . .	
Sulfure de fer.	
Sulfure de calcium.	
Total.	100

Les trois derniers corps n'y entrent qu'en faible proportion. Quand le charbon a été trop fortement chauffé il ne renferme presque plus d'azote, alors il est devenu brillant et dense.

Le noir animal provenant des matières molles non terreuses est plus azoté; il renferme quelquefois 77 p. 100 de carbone, le reste étant de l'azote à l'exception d'une légère proportion de sels.

La découverte des propriétés antiputrides et décolorantes des charbons en général, est due au chimiste russe Lowitz, Kels en 1798 et Scaub en 1800 continuèrent ses expériences et arrivèrent au même résultat.

La première application utile du charbon à la purification du sucre brut des colonies fut faite par Guillon, qui apporta sur nos marchés des quantités considérables de sirops décolorés par la poudre de charbon de bois, sirops qu'il vendit avec avantage, car ils étaient de beaucoup supérieurs aux cassonades de cette époque.

En 1811, M. Figuier de Montpellier reconnut que le charbon d'os possède un pouvoir décolorant très supérieur à celui du charbon végétal. Une année après, M. Charles Derosne proposa l'emploi du charbon animal pour la décoloration des sirops dans le raffinage du sucre ou on faisait usage du charbon de bois. Cette substitution, dont l'utilité fut démontrée par MM. Payen et Pluvinet, fut généralement adoptée, car on obtint par son emploi 10 p. 100 de plus en sucre cristallisé, et les seconds sirops donnèrent des sucres d'une qualité supérieure à celle obtenue auparavant.

La quantité de noir animal employée aujourd'hui est considérable, car en moyenne il faut 1 kilogr. de noir pour 1 kilogr. de sucre sortant de la fabrique.

La société de pharmacie de Paris mit au concours, en 1821, une série de questions sur les qualités décolorantes du charbon et sur son genre d'action. Trois mémoires furent couronnés : ceux de MM. Bussy, Payen et Desfosses. C'est aux travaux remarquables de ces savants qu'on doit la théorie de la décoloration ; ils établirent que :

1° Le charbon agit seul dans l'acte de la décoloration ;

2° L'action de ce corps est d'autant plus grande qu'il est plus divisé et offre plus de surface ;

3° La division mécanique n'a pas d'influence sensible sur le pouvoir décolorant qui est uniquement relatif à la division chimique, ou à l'écartement des molécules ;

4° Quelle que soit leur origine, les *charbons brillants* décolorent mal, tandis que les *charbons ternes* ont une action décolorante très prononcée ;

5° Les matières salines en s'interposant entre les molécules de carbone, s'opposent à l'influence du calorique qui tend à les aggréger pendant la carbonisation, mais que du reste elles n'absorbent pas de matière colorante ;

6° La décoloration s'opère mieux avec un liquide neutre ou un peu acide, qu'avec un liquide alcalin ;

7° Les matières colorantes sont mieux enlevées à chaud qu'à froid ;

8° Le charbon agit en attirant à sa surface, sans les décomposer, les matières colorantes ;

9° Le rapport des pouvoirs décolorants change avec les liquides colorés, comme le prouve le tableau suivant, dû à M. Bussy :

ESPÈCES DE CHARBON.	Poids.	Indigo d'épreuve consommé.	Mélasse d'épreuve consommée.	Décoloration par l'indigo.	Décoloration par la mélasse.
	gr	litres			
Sang calciné avec potasse.	1	1,60	0,18	50	20
Id. avec craie. . . .	1	0,57	0,10	18	11
Id. av. phosph. chaux.	1	0,38	0,09	12	10
Gélatine cal. av. potasse.	1	1,15	0,14	36	15,5
Empois cal. av. potasse.	1	0,34	0,08	10,6	8,8
Albumine cal. av. potas.	1	1,08	0,14	34	15,[illegible]
Charbon d'acétate de pot.	1	0,18	0,04	5,6	4,4
Id. de carbona. de soude par le phosphore. . .	1	0,38	0,08	12,0	8,8
Noir de lampe calciné. .	1	0,128	0,03	4	3,3
Id. avec potasse. . . .	1	0,55	0,09	15,2	10,6
Noir d'os traité par l'acide hydrochloriq. et la pot.	1	0,15	0,18	15,0	20
Id. par l'acide hydrochl.	1	0,06	0,015	1,87	1,6
Huile calcinée avec phosphate de chaux. . .	1	0,064	0,017	2	1,9
Noir d'os cru. . . .	1	0,032	0,009	1	1,0

Quelques emplois du noir d'os ont fait présumer qu'il absorbait les matières odorantes avec plus de force que le charbon végétal. De nombreuses expériences tendent à prouver que le noir animal absorbe aussi les principes amers des extraits d'un grand nombre de plantes ; le noir végétal agit de même, mais plus faiblement.

Les gaz putrides et les autres produits de la putréfaction en solution dans les liquides sont absorbés très activement par le noir animal, de là l'emploi avantageux de ce corps pour purifier les citernes, les étangs, etc.

Différentes matières inorganiques en solution dans l'eau, comme la chaux, les sels de plomb solubles, le sulfate de protoxyde de fer, sont absorbées par le charbon animal, et même, d'après M. Girardin, tous les genres de sels, à peu d'exceptions près, sont attaqués par le noir animal qui absorbe les matières inorganiques même à froid, propriétés qui n'ont été reconnues au charbon végétal qu'à l'égard des sulfures alcalins.

La cause qui rend le charbon végétal moins efficace que le charbon animal provient de la vitrification de sa superficie.

Les charbons tirés des substances animales molles sont brillants, aussi ont-ils peu d'énergie. Différents schistes bitumineux, ceux de Menat et d'Ardes en particulier, ont une action décolorante marquée sur les sirops, mais plus faible toutefois que celle du noir d'os.

Les lignites et la plupart des houilles ne décolorent en aucune manière.

La fabrication du charbon animal a pris, depuis quelques années, une grande extension, car l'usage s'en est accru considérablement, aussi chercha-t-on non seulement à augmenter la production de cette matière, mais encore on fit de nombreux essais pour revivifier le noir qui avait déjà servi, c'est-à-dire pour lui rendre sa première force décolorante, très restreinte par la décoloration des sirops dont il est l'agent principal.

La fabrication du noir animal, c'est-à-dire la calcination des os, s'effectue à l'aide de deux systèmes d'appareils tout à fait distincts.

Dans le premier procédé, on calcine les os à l'abri du contact de l'air et on recueille les produits volatils qui se dégagent.

Dans le second procédé, au contraire, on brûle les gaz qui servent alors à élever la température des fours où s'opère la fabrication.

L'appareil employé dans le premier de ces deux procédés se compose de grands cylindres horizontaux en fonte, dans lesquels on introduit les os à calciner. Chacune de ces espèces de cornues est terminée par un tuyau de 0m,08 à 0m,10 de diamètre qui conduit les produits de la distillation dans un réfrigérant. (Voyez BLEU DE PRUSSE).

Les cylindres sont placés dans un fourneau et chauffés par un ou plusieurs foyers.

La marche de l'opération est des plus simples : après avoir concassé les os, on en retire la graisse en les chauffant dans une chaudière pleine d'eau, puis on les place dans les cornues de distillation qu'on ferme alors à l'aide d'obturateurs en fonte. Les joints sont garnis de terre grasse. On chauffe graduellement de manière à porter les appareils au rouge cerise, température qu'on maintient pendant trente-six heures, au bout desquelles on retire le charbon incandescent qui est reçu dans des étouffoirs où il se refroidit à l'abri du contact de l'air. Froid, on le porte au moulin qui doit opérer son broyage.

Les produits gazeux qui se dégagent des cornues se condensent dans des tuyaux nombreux autour desquels circule, en sens inverse, un courant d'eau froide qui s'échauffe graduellement et qui peut, une fois chaude, être employée au débouillissage des os. Les produits condensés servent à la préparation des sels ammoniacaux. Le noir obtenu par ce procédé dû à M. Payen, paraît décolorer les sirops moins énergiquement que celui préparé par le second procédé que nous allons décrire. En outre, la quantité considérable de combustible employée n'est pas toujours payée par les produits ammoniacaux obtenus.

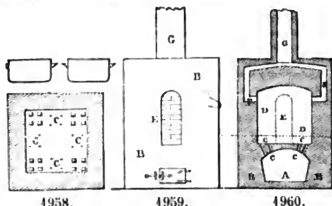
Dans la seconde méthode de préparation du noir animal, on renferme les os dans de grandes marmites en fonte que l'on renverse l'une sur l'autre, orifice contre orifice et qui sont lutées au moyen d'un peu d'argile. Chaque paire de marmites est portée dans un four solidement établi en briques réfractaires, où on les empile jusqu'à ce que tout l'espace soit rempli. On emploie avec avantage aujourd'hui des marmites qu'on place les unes sur les autres, et qui sont faites de telle manière que le fond de la marmite supérieure ferme hermétiquement l'ouverture de celle qui est au-dessous; cette modification en simplifie beaucoup le remplissage.

On élève lentement la température de l'appareil, les gaz qui s'échappent par les joints des marmites s'enflamment et par leur combustion augmentent la température de la masse en la maintenant toujours au même degré.

Quand toutes les marmites ont atteint le rouge-blanc, on arrête le feu et on laisse refroidir assez pour qu'on puisse décharger le four; les pots nettoyés de leur lut sec sont vidés de leur noir qu'on porte au moulin.

Les figures 1958, 1959 et 1960 représentent un four en usage pour la calcination des os : A, est le foyer qui sert à chauffer l'appareil; C, C, sont les ouvertures à travers lesquelles les produits de la combustion s'introduisent autour des marmites disposées dans la chambre voûtée D.

Une porte E sert à charger et décharger le four; pendant l'opération, cette porte est fermée avec des briques réfractaires et de l'argile.

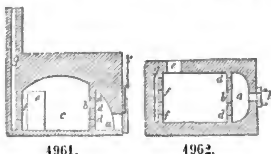


1958. 1959. 1960.

Les cheminées latérales F,F, conduisent les gaz produits pendant la calcination, dans une cheminée G, commune à plusieurs fours.

Un autre appareil analogue appelé *four à cul de poule* en raison de sa forme, est représenté fig. 1961 et 1962.

Le foyer *a* qui sert à chauffer cet appareil se trouve



1961. 1962.

de niveau avec le sol du four; un mur *b* sépare le foyer de la chambre *c* où sont entassés les pots; dans le mur

b sont percées douze ouvertures *d* qui distribuent uniformément la flamme dans l'espace *c*. La porte *e* sert au service du four; *f, f*, sont quatre ouvertures situées à la partie inférieure du fond de la chambre voûtée et destinées à l'évacuation des gaz. Cette disposition est indispensable pour que la chaleur se répande partout également, car la flamme tend toujours à s'élever au sommet de la chambre *c*, et, si on ne la forçait ainsi à descendre, les marmites inférieures ne seraient pas assez chauffées. Ordinairement on a deux fours contigus ayant une cheminée commune; pendant que l'un d'eux est en marche, l'autre se refroidit, puis on le vide pour le charger d'os frais.

Il est bon de remarquer que le défaut de continuité de ces appareils exige l'emploi d'une énorme quantité de combustible et un matériel considérable. De plus, l'air circulant dans le four renferme toujours assez d'oxygène pour produire un déchet notable, car les os calcinés à blanc sont livrés avec perte au fabricant de phosphore.

Ajoutons à cela que les marmites employées étant exposées directement au coup de feu, sont rapidement détruites, ce qui a donné l'idée de les enduire d'argile délayée. On avait même essayé de remplacer la fonte par de l'argile, mais les marmites de terre se fendillent pendant la calcination.

Enfin le plus grave inconvénient de ce procédé consiste dans les émanations infectes qui se dégagent des fabriques de noir animal, surtout au commencement des opérations.

Pour éviter ce désagrément on a construit, sur les indications de M. D'Arcet, des appareils qui brûlaient tous les gaz pyrogénés en introduisant de l'air en quantité suffisante pour une combustion totale; de plus la chaleur produite servait à chauffer la chaudière où se faisait l'extraction de la graisse des os.

Le broyage du noir animal s'opère, soit à l'aide de meules verticales tournant sur un plan horizontal, soit au moyen de meules horizontales comme celles employées dans la mouture des céréales. On fait également usage de cylindres cannelés en fonte pouvant se rapprocher ou s'écarter à volonté suivant la grosseur qu'on veut donner au noir animal; ce dernier appareil est le plus généralement employé. Le noir broyé est passé au blutoir pour séparer les grains de la folle farine et des parties mal broyées. Le noir en grains et en poudre est mis dans des sacs et expédié aux consommateurs.

Le noir en poudre ne peut servir qu'une fois au raffinage du sucre, après quoi il est utilisé comme engrais dans l'agriculture. Le noir en grains peut servir presque indéfiniment en subissant de temps en temps une revivification.

La revivification du charbon animal qui a servi s'opère de plusieurs manières : on emploie la fermentation, le lavage et, en dernier lieu, la calcination. Le noir mis en tas fermente rapidement, le sucre qu'il renferme se transforme en alcool, puis en vinaigre, qui dissout le carbonate de chaux contenu dans le noir, quelquefois même, surtout dans la fabrication du sucre indigène, la quantité de carbonate de chaux est assez grande pour nécessiter des lavages à l'acide hydrochlorique étendu, marquant 2° B, puis on lave quatre fois à l'eau pure, après quoi on calcine.

Si le noir ne renferme pas beaucoup de sels calcaires, on se contente de le laver à l'eau avant de le calciner; quelquefois même, pour une première et une deuxième revivification, on se contente de calciner directement.

La calcination du noir animal détruit les matières organiques qu'il contient; l'appareil qui réussit le mieux pour cette opération est celui de M. Derosne; il consiste en un cylindre en tôle tournant sur un axe et ayant 4 mètres de longueur sur 0^m,60 de diamètre. Un homme imprime à cet appareil un mouvement de rotation très lent; le noir s'engage à l'aide d'un pas de vis le forçant à entrer par le côté le plus élevé du cylindre qui est incliné. Le noir parcourt toute la longueur de l'appareil qui est disposé sur un four ayant deux foyers; arrivé au tiers de sa course, le noir est desséché; dans le reste du cylindre, il est porté au rouge sombre. On peut apprécier la température du noir à l'aide d'un bouchon de paille sur lequel on en fait tomber un peu; la paille doit seulement être roussie, mais non enflammée. Le noir en tombant est reçu dans un étouffoir. A l'aide de cet appareil la revivification de 100 kilogr. de noir revient à 1 franc, tandis que la fabrication d'une même quantité de noir neuf coûte 20 francs.

On a tenté aussi pour revivifier le noir, l'emploi d'un appareil nommé *culotte* en raison de sa forme; il est composé de neuf cylindres en fonte de 4 mètres de hauteur sur 0^m,12 de diamètre, et bifurqués à leur partie inférieure; un seul foyer sert à chauffer ces neuf tubes contenus dans un même fourneau; chaque tube de la bifurcation de ces tuyaux se ferme par une tirette qu'on ouvre quand la calcination est assez avancée. Malheureusement les tuyaux en fonte s'usent rapidement, aussi a-t-on cherché à remplacer ce système par une espèce de haut-fourneau en briques de 5 mètres de hauteur sur 2 mètres de large et qui donne un noir bien revivifié. Dans tous ces appareils un même défaut existe, c'est celui de calciner à blanc une partie du noir.

Un procédé à l'abri de ce reproche est celui imaginé par MM. Thomas et Laurens; il consiste à soumettre le noir à l'action directe de la vapeur à 3 atmosphères, mais chauffée dans un serpentin en fer à une très haute température. La revivification qu'on produit à l'aide de ce procédé se fait parfaitement et ne donne aucun déchet. Malheureusement les appareils de ces messieurs sont sujets à des explosions, même quand on a eu soin de les garnir d'une soupape de sûreté, car si la vapeur est trop chauffée, l'eau peut se décomposer en présence du fer, et l'hydrogène arrivant dans l'appareil où se met le noir peut y former un mélange explosif qui, trop chauffé, s'enflamme en détruisant l'appareil.

La propriété décolorante des noirs s'essaie au moyen d'une dissolution de caramel; plus la décoloration est complète, plus le noir est décolorant. M. Payen a imaginé pour l'essai des noirs du commerce un appareil très ingénieux nommé décolorimètre (voyez SUCRE).

NOIR ANIMALISÉ. Voyez ENGRAIS.

NOIR DE FUMÉE. Le noir de fumée se prépare, dans les Landes, en brûlant des matières résineuses, dans une chambre de bois de sapin, tapissée de grosses toiles. On place ces matières dans des pots en terre ou des marmites en fonte; on y met le feu, et on tient la chambre fermée tant que dure la combustion. Cette combustion, qui est et doit être très imparfaite, produit une fumée épaisse qui, en passant à travers les toiles, dépose sur celles-ci le noir de fumée que l'on enlève de temps en temps. On le prépare aussi par la combustion incomplète des goudrons de bois et de houille.

NOIR D'IMPRESSION. On l'obtient dans la préparation du BLEU DE PRUSSE, par l'action des alcalis sur le sang, la corne, ou d'autres substances animales.

NOIR D'IVOIRE. Ce noir se prépare par la calcination des éclats d'ivoire. Les qualités inférieures sont obtenues avec des os de choix. On le broie à l'eau et on le réduit en pains que l'on fait sécher à l'étuve.

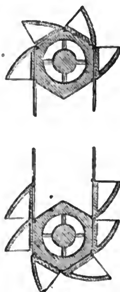
NOIR DE LAMPE. Ce noir s'obtient en brûlant des huiles dans des quinquets à becs simples que l'on place au-dessous d'une plaque de métal, laquelle se recouvre bientôt d'une couche assez épaisse d'un charbon

très divisé, d'un beau noir, que l'on détache aisément en frappant sur la plaque.

NOIR DE SCHISTE. Certains schistes, et en particulier celui de Menat, en Auvergne, donnent après la distillation un résidu qui jouit de propriétés décolorantes très marquées, et que l'on peut comparer avec celles du noir animal.

NOIX. Outre son emploi comme aliment, la noix donne une huile qui remplace celle d'olive dans l'ouest de la France. Convenablement préparée, cette huile est exclusivement employée en peinture dans la composition des couleurs fines, à raison de son épaisseur et de sa propriété siccative. Le brou de noix est employé pour la fabrication de liqueurs hygiéniques ; il renferme beaucoup de tannin et d'acide gallique, aussi est-il employé en teinture pour faire certains bruns, et les menuisiers et les ébénistes s'en servent souvent pour donner de la couleur aux bois blancs.

NORIA. La noria (fig. 1963) est une machine à élever l'eau, qui se compose d'une série de seaux ou vases attachés à une double chaîne sans fin qui s'enroule sur deux tambours. Un mécanisme quelconque, ordinairement un manége, transmet le mouvement au tambour supérieur, qui entraîne avec lui la double chaîne sans fin ; chacun des seaux se remplit successivement d'eau, qu'il déverse, au point culminant de l'appareil, dans un réservoir à ce destiné. Les norias sont verticales ou inclinées ; lorsqu'elles sont verticales, on supprime souvent le tambour inférieur. On emploie fré-



1963.

quemment les norias pour l'élévation de la farine dans les moulins à blé.

O

OBUS. Voyez PROJECTILES.

OCHRE ou OCRE. Argile colorée par de l'oxyde de fer. (Voyez ARGILE.)

ŒUFS (*Conservation des*). La coque des œufs est assez poreuse pour laisser tamiser l'air qui, arrivant au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, en détermine l'altération au bout d'un temps assez court. Pour prévenir cette altération, on prend les œufs frais, et on les plonge à plusieurs reprises dans un baquet rempli d'eau de chaux ; la chaux s'infiltre alors dans les pores de la coque, arrive au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, avec lequel elle forme un composé insoluble qui bouche hermétiquement les pores de la coque, et qui, en s'opposant à tout accès de l'air, prévient ainsi toute altération subséquente.

OLÉATES. Voyez SAVONS.

OLÉINE. Voyez SAVONS.

ACIDE OLÉIQUE. Cet acide que l'on retire du suif, comme produit accessoire de la fabrication de l'acide stéarique (voyez STÉARIQUE), est liquide, incolore ou légèrement jaunâtre, presque insipide, insoluble dans l'eau, soluble, au contraire, en toutes proportions dans l'alcool ; sa densité = 0,898 à 16. Il est employé surtout à la fabrication des savons mous à base de potasse. (Voyez SAVONS.)

OLÉOMÈTRE. On désigne sous ce nom trois instruments différents qui ont été inventés pour découvrir, par le moyen de la densité, la fraude qu'on fait subir aux huiles commerciales.

Le premier, imaginé par M. Laurot, chimiste à Paris, pour l'huile de colza brute, porte le nom spécial d'*oléomètre à chaud*.

Le second, qui a pour auteur M. Lefebvre, courtier de commerce à Amiens, et qui sert à l'essai de toutes les espèces d'huiles sans distinction, est connu sous le nom d'*oléomètre à froid*.

Enfin, le troisième, construit par M. Gobley, pharmacien à Paris, sert spécialement à constater les fraudes des huiles d'olive et d'amandes douces par l'huile d'œillette, dite *huile blanche ;* il est plus connu sous le nom d'*élaïomètre*.

Nous allons décrire successivement ces trois densimètres :

I. *Oléomètre à chaud*. L'huile de colza brute est depuis longtemps soumise à de nombreuses falsifications. On la mélange communément avec des huiles ayant une moindre valeur, telles que celles de poisson, de lin, d'œillette, de ravison, etc. Dans le but de mettre un terme à ces falsifications toujours croissantes, les acheteurs d'huile de colza non épurée, de Paris, se sont réunis et ont engagé M. Laurot à faire des recherches pour trouver un moyen facile de découvrir dans l'huile de colza la présence d'une huile étrangère. Après bien des essais, M. Laurot leur a livré l'instrument qu'il a nommé *oléomètre*.

Il se compose d'une burette en fer-blanc, faisant fonction de bain-marie. On y place un cylindre creux de même métal, dans lequel on introduit l'huile à essayer. Quand on expose cet appareil au feu, l'eau ne tarde pas à entrer en ébullition ; la chaleur se communique à l'huile, qui prend alors une température qui ne peut pas dépasser 100°. Un petit aréomètre, plongé dans l'huile, marque la densité de ce liquide ; mais, comme sa tige est extrêmement fine, les plus légères différences dans le poids spécifique sont rendues sensibles. La tige est partagée en parties égales. Il y a deux cents parties ou degrés au-dessous de 0°, et vingt à vingt-cinq parties au-dessus. Enfin, un thermomètre, plongé dans le vase, indique quand la température est arrivée à 100°.

M. Laurot a observé qu'à la température de l'ébullition, les huiles sont loin d'avoir la même densité, et que les différences sont très sensibles sur la fine tige

de l'oléomètre, qui dans une espèce s'enfonce peu, et beaucoup dans une autre.

Dans l'huile de colza, l'oléomètre s'arrête au 0° ;
— poisson, — à 83° ;
— d'œillette, — à 124° ;
— chenevis, — à 136° ;
— lin, — à 210°.

Comme on le voit, les différences sont toujours très tranchées.

Quand l'huile de colza est mélangée de 5 ou 10 p. 100, par exemple, d'une autre huile, l'oléomètre le dénote aussitôt, en s'enfonçant d'une moindre quantité.

A l'instrument est joint une table, sur laquelle sont indiqués les degrés que doit marquer l'oléomètre, quand il y a 5, 10, 15, 20, etc., p. 100 d'huile de poisson ou toute autre.

Mais parmi les huiles commerciales, il en est deux qui sont plus légères que l'huile de colza, à savoir : l'*huile de cachalot* et l'*huile de suif* ou *acide oléique*, et qui, par conséquent, peuvent permettre, par leur mélange avec la première, l'introduction d'une certaine quantité d'huiles communes plus denses, sans que l'oléomètre indique la fraude. Nous sommes parvenus, en effet, au moyen de l'acide oléique, à introduire dans l'huile de colza jusqu'à 40 p. 100 d'huile de lin, d'œillette ou de poisson, et l'oléomètre n'en continuait pas moins de marquer 0°, comme dans une huile tout à fait pure.

D'après cela, il faut donc toujours avoir la précaution, avant de faire usage de l'oléomètre, de s'assurer que l'huile à essayer ne renferme aucune des deux huiles plus légères dont il vient d'être question. Heureusement, rien n'est plus simple.

L'huile de cachalot, très rare du reste dans le commerce, communique à l'huile de colza la propriété de brunir fortement par l'introduction de quelques bulles de chlore gazeux.

Quant à l'acide oléique, son odeur repoussante, son acidité très prononcée, et sa grande solubilité dans l'alcool à 36°, permettent d'en reconnaître moins de 4 à 5 p. 100 dans l'huile de colza. Dans le cas de mélange, celle-ci rougit très manifestement le papier bleu de tournesol légèrement humide, et elle cède à l'alcool froid presque tout l'acide oléique qu'elle contient, en sorte que par l'évaporation de l'alcool, celui-ci apparaît avec tous ses caractères distinctifs.

Un grave inconvénient de l'oléomètre de M. Laurot, c'est que, tandis qu'il marque 0° dans l'huile de colza d'hiver, il s'arrête au-dessous de 0° dans l'huile de colza d'été, ainsi que dans celle de navette d'hiver et d'été, de sorte qu'il peut faire considérer comme des falsifications des mélanges de ces différentes huiles les unes avec les autres, mélanges que le commerce, cependant, a toujours acceptés comme huile de colza pure.

Cette circonstance, et la nécessité d'opérer à chaud, sont bien certainement les causes qui ont empêché les épurateurs d'adopter définitivement l'instrument dont il vient d'être question.

II. *Oléomètre à froid.* Un instrument bien supérieur au précédent, parce qu'il réunit commodité, promptitude et précision dans son emploi, est celui que M. Lefebvre a construit en 1839, et qui repose sur ce principe :

1° Que les diverses espèces d'huiles pures ont des densités différentes et variables avec la température ;

2° Qu'en général, on ne trouve pas deux huiles qui aient la même densité à la même température.

Si donc on arrive à connaître la densité d'une huile, et en même temps sa température, on n'a qu'à consulter les tables qui indiquent les poids des différentes huiles pour toutes les températures ; l'espèce d'huile est aussitôt déterminée. S'il y a incertitude entre deux huiles, des caractères chimiques interviennent qui décident la question.

D'après M. Lefebvre, voici la densité des diverses huiles commerciales, récemment préparées, à la température normale de +15° :

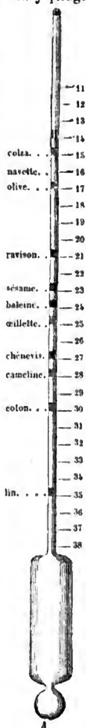
DÉSIGNATION des HUILES :	DENSITÉ comparée à celle de l'eau représentée par 10,000.	POIDS de l'hectolitre.	POIDS du litre.
		kil.	gr.
du corps du cachalot. .	8,840	88,40	884,
de suif ou acide oléique.	9,003	90,03	900,3
de colza d'hiver.	9,150	91,50	915,
de navette d'hiver. . .	9,154	91,54	915,4
de navette d'été.	9,157	91,57	915,7
de pieds de bœuf. . . .	9,160	91,60	916,
de colza d'été.	9,167	91,67	916,7
d'arachide.	9,170	91,70	917,
d'olives.	9,170	91,70	917,
d'amandes douces. . . .	9,180	91,80	918,
de faine.	9,207	92,07	920,7
de raisin.	9,210	92,10	921,
de sésame.	9,235	92,35	923,5
de baleine filtrée. . . .	9,240	92,40	924,
d'œillette.	9,253	92,53	925,3
de chènevis.	9,270	92,70	927,
de foie de morue. . . .	9,270	92,70	927,
de foie de raie.	9,270	92,70	927,
de caméline.	9,282	92,82	928,2
de coton.	9,306	93,06	930,6
de lin.	9,350	93,50	935,

Il est à noter que lorsque les huiles vieillissent, leur densité augmente toujours sensiblement, sans doute à cause de la modification plus ou moins profonde qu'elles éprouvent de la part de l'oxygène de l'air, qui, comme on sait, est absorbé par elles. C'est ainsi, par exemple, qu'une huile de coton fraîche pèse 9,306, tandis qu'après deux ans de repos dans un flacon, elle pèse 9,320. L'augmentation, toutefois, ne porte que sur les deux dernières décimales.

L'oléomètre de M. Lefebvre a la forme d'un aréomètre ordinaire, seulement le réservoir cylindrique est très grand et la tige très longue (fig. 1). Celle-ci porte une échelle graduée sur laquelle sont inscrites les densités comprises entre 9,000 jusqu'à 9,400, limites entre lesquelles sont renfermées les densités des diverses huiles commerciales. Seulement, comme il eût été impossible de placer quatre chiffres sur l'échelle, on a retranché le premier et le dernier, pour ne conserver que les deux du milieu, ce qui n'a aucun inconvénient dès qu'on en est prévenu. Ainsi, les chiffres de 1 jusqu'à 40, placés sur l'échelle, doivent être précédés de 9 pour exprimer la densité et le poids de l'hectolitre. La place de l'huile de colza, par exemple, se trouve au nombre 15 ; il faut lire alors 9,150 de densité, ou 91 kil. 5 hectogr. pour le poids de l'hectolitre, ou encore 915 grammes pour un litre.

A la gauche de l'échelle et en face de la densité, se trouvent les noms des huiles. Pour la facilité des vérifications, leur place est représentée par une couleur à peu près semblable à celle que prend chaque espèce sous l'influence de l'acide sulfurique concentré. Les couleurs font mieux distinguer la place où s'arrête le niveau de l'huile sur l'instrument, quand celui-ci est plongé dans les barils ; de cette manière on n'a pas besoin de retirer l'oléomètre pour connaître la densité exprimée en chiffres.

L'instrument ayant été gradué pour la température de + 15°, il y a donc toujours nécessité de consulter la température de l'huile au moment où l'on y plonge l'oléomètre, et de faire une correction au chiffre obtenu lorsque la température est supérieure ou inférieure à + 15°. D'après M. Lefebvre, la correction pour toutes ces huiles est de 1° 1/2 centigrade pour un millième de densité en plus ou en moins, à partir de + 15° : soit 3° centigr. pour 2 millièmes, 6° pour 4 millièmes, etc. Lors donc qu'une huile est à + 18° centigr., l'oléomètre descend alors à 2 millièmes au-dessous de la densité réelle, et il faut donc augmenter de 2 millièmes le chiffre trouvé. Si l'huile est à + 12°, l'instrument s'arrête à 2 millièmes au-dessus de la véritable densité, et il faut d'abord diminuer ces 2 millièmes de la densité apparente.



1.

A + 3° centigr. pour les huiles de colza et de navette, à + 8° pour l'huile d'olive, la vérification ne peut avoir lieu à cause de leur concrétion. Il faut alors faire chauffer l'huile dans le tube d'essai, soit avec la main, soit avec de l'eau tiède, et avoir la précaution d'agiter l'huile avec une baguette, ou même avec le thermomètre.

Pour éviter tous les calculs relatifs aux corrections de température, M. Lefebvre a dressé des tableaux donnant les poids des huiles à l'hectolitre pour toutes les températures ordinaires, c'est à dire celles qui sont comprises entre + 30°, et — 6° centigr. On les trouvera dans le tableau de la page suivante.

L'instrument de M. Lefebvre donne le moyen non-seulement de faire la distinction des huiles entre elles, mais, jusqu'à un certain point, de faire connaître les mélanges des unes avec les autres, car les huiles n'éprouvant aucune modification chimique par leur simple mélange, il est évident que les densités des mélanges récemment préparés sont proportionnelles aux quantités respectives des huiles mêlées. L'oléomètre pourra donc indiquer, au moins dans le plus grand nombre des cas, les rapports de quantités entre deux huiles qui auront été mélangées. Si, par exemple, l'huile de colza a été additionnée de son volume d'huile de lin, comme il y a entre ces deux huiles 20 millièmes de différence pour la densité, l'oléomètre plongé dans un pareil mélange s'arrêtera à 25, soit 9,250, qui est la densité de l'huile d'œillette. Si le mélange a été fait dans les rapports de 1/4 de lin et 3/4 de colza, l'instrument indiquera 9,200. Enfin, si le mélange n'est que de 1/10e de lin, on aura 2 millièmes en plus de la densité de l'huile de colza, soit 9,170.

Mais pour tirer des indications précises de l'oléomètre dans ces cas de mélange, il est évident qu'il faut pouvoir à l'avance reconnaître quelle est l'huile qui a été ajoutée à l'huile de plus grande valeur. Or, c'est ici que M. Lefebvre fait intervenir l'action d'un agent chimique, l'acide sulfurique, qui, par les effets de coloration qu'il produit sur chaque espèce d'huile, permet de caractériser chacune d'elles, qu'elle soit pure ou mélangée.

L'idée de l'emploi de l'acide sulfurique, pour la distinction des huiles, est due à M. Heydenreich, pharmacien à Strasbourg, qui la fit connaître en 1841. Ce chimiste a reconnu, le premier, que lorsqu'on ajoute une goutte d'acide sulfurique concentré à dix ou quinze gouttes d'une huile quelconque, déposées sur un verre blanc recouvrant une feuille de papier, on voit presque aussitôt apparaître une coloration qui varie avec l'espèce d'huile employée. Ainsi :

L'huile d'olive prend une teinte jaune prononcée, devenant peu à peu verdâtre ;
— d'arachide — jaune d'un gris sale;
— de sésame — d'un rouge vif;
— de navette — de gris sale;
— de cameline — jaune, puis orangée;
— d'œillette — jaune pâle avec contour gris sale;
— de chènevis — d'émeraude bien prononcée;
— de lin — rouge brun passant au brun noir;
— de coton — jaune avec stries brunes au centre;
— de baleine — d'un rouge brun foncé
— de colza offre une auréole bleu verdâtre;
— de faine offre une auréole gris sale, puis verdâtre avec stries jaunes au centre.

Lorsque deux huiles sont mélangées et qu'on les soumet à l'action du réactif, il se manifeste alors une coloration toute différente de celles qu'on obtient avec les huiles pures, et qui permet de reconnaître la nature de l'huile employée par la fraude.

Mais, il faut le dire, les nuances précédentes ne sont pas toujours aussi tranchées que nous l'indiquons ici, et il y a certaines huiles qu'il serait bien difficile de distinguer de certaines autres au moyen de ces effets de coloration, la différence étant parfois à peine sensible. Ainsi, par exemple, l'huile d'arachide, l'huile d'œillette, l'huile d'olive, l'huile de cameline, se sont comportées absolument de la même manière dans nos essais avec l'acide sulfurique. L'acide oléique et l'huile de baleine n'offrent pas non plus des différences bien prononcées.

D'ailleurs, la même huile ne donne pas toujours des résultats identiques avec l'acide sulfurique; le lieu de provenance, l'ancienneté de l'huile, le mode d'extraction, sont autant de causes qui modifient les effets du réactif. Aussi faut-il toujours, quand on essaie une huile, opérer comparativement avec d'autres échantillons de la même huile pure.

C'est surtout lorsque les huiles sont mélangées les unes avec les autres, que la distinction au moyen de l'acide sulfurique devient excessivement difficile, et ce n'est que par une longue habitude, par des essais comparatifs sur des mélanges préparés à dessein avec les huiles qu'on suppose exister dans l'huile fraudée, qu'on peut arriver, non à une certitude absolue, mais à une probabilité. Le problème devient encore plus compliqué lorsqu'il s'agit de déterminer les proportions du mélange, et nous ne pouvons accorder qu'il soit possible d'obtenir du réactif, sous ce rapport, des indications de quelque valeur.

Au reste, l'emploi de l'acide sulfurique n'est que secondaire, et il n'est pas indispensable d'y recourir dans le plus grand nombre des cas.

C'est la différence de prix des huiles qui fait qu'on mélange entre elles des espèces de différentes valeurs; c'est enfin la différence de prix des tourteaux qui fait qu'après avoir obtenu l'huile d'une graine, on en broie les tourteaux avec ceux d'une plus grande valeur. Ces mélanges de tourteaux procurent, au rebattage, une huile qui est toujours introduite dans celle du prix le

OLÉOMÈTRE.

TABLEAU DONNANT LE POIDS DES HUILES A L'HECTOLITRE A TOUTE TEMPÉRATURE.

Température au thermom. centigrade	HUILE de colza d'hiver.	HUILE de navette d'hiver.	HUILE de navette d'été.	HUILE de colza d'été.	HUILE de pied de bœuf.	HUILE d'olive.	HUILE d'arachide.	HUILE d'amande douce.	HUILE de faîne.	HUILE de ravison.	HUILE de sésame.	HUILE de baleine.	HUILE d'œillette.	HUILE de foie de morue.	HUILE de foie de raie.	HUILE de chènevis.	HUILE de cameline.	HUILE de coton.	HUILE de lin.
+30	90,47	90,55	90,57	90,67	90,60	90,70	90,70	90,80	91,07	91,10	91,30	91,40	91,53	91,60	91,70	91,70	91,82	92,06	92,50
29	90,54	90,62	90,64	90,74	90,67	90,77	90,77	90,87	91,14	91,17	91,37	91,47	91,60	91,67	91,77	91,77	91,89	92,13	92,57
28	90,61	90,69	90,71	90,81	90,74	90,84	90,84	90,94	91,21	91,24	91,44	91,54	91,67	91,74	91,84	91,84	91,96	92,20	92,64
27	90,67	90,75	90,77	90,87	90,80	90,90	90,90	91,00	91,27	91,30	91,50	91,60	91,73	91,80	91,90	91,90	92,02	92,26	92,70
26	90,74	90,82	90,84	90,94	90,87	90,97	90,97	91,07	91,34	91,37	91,57	91,67	91,80	91,87	91,97	91,97	92,09	92,33	92,77
25	90,81	90,89	90,91	91,01	90,94	91,04	91,04	91,14	91,41	91,44	91,64	91,74	91,87	91,94	92,04	92,04	92,16	92,40	92,84
24	90,87	90,95	90,97	91,07	91,00	91,10	91,10	91,20	91,47	91,50	91,70	91,80	91,93	92,00	92,40	92,10	92,22	92,46	92,90
23	90,94	91,02	91,04	91,14	91,07	91,47	91,17	91,27	91,54	91,57	91,77	91,87	92,00	92,07	92,17	92,17	92,29	92,53	92,97
22	91,01	91,09	91,11	91,21	91,14	91,24	91,24	91,34	91,61	91,64	91,84	91,94	92,07	92,14	92,24	92,24	92,36	92,60	93,04
21	91,07	91,15	91,17	91,27	91,20	91,30	91,30	91,40	91,67	91,70	91,90	92,00	92,13	92,20	92,30	92,30	92,42	92,66	93,10
20	91,14	91,22	91,24	91,34	91,27	91,37	91,37	91,47	91,74	91,77	91,97	92,07	92,20	92,27	92,37	92,37	92,49	92,73	93,17
19	91,21	91,29	91,31	91,41	91,34	91,44	91,44	91,54	91,81	91,84	92,04	92,14	92,27	92,34	92,44	92,44	92,56	92,80	93,24
18	91,27	91,35	91,37	91,47	91,40	81,50	91,50	91,60	91,87	91,90	92,10	92,20	92,33	92,40	92,50	92,50	92,62	92,86	93,30
17	91,34	91,42	91,44	91,54	91,47	91,57	91,57	91,67	91,94	91,97	92,17	92,27	92,40	92,47	92,57	92,57	92,69	92,93	93,37
16	91,41	91,49	91,51	91,61	91,54	91,64	91,64	91,74	92,01	92,04	92,24	92,34	92,47	92,54	92,64	92,64	92,76	93,00	93,44
15	91,47	91,55	91,57	91,67	91,60	91,70	91,70	91,80	92,07	92,10	92,30	92,40	92,53	92,60	92,70	92,70	92,82	93,06	93,50
14	91,54	91,62	91,64	91,74	91,67	91,77	91,77	91,87	92,14	92,17	92,37	92,47	92,60	92,67	92,77	92,77	92,89	93,13	93,57
13	91,61	91,69	91,71	91,81	91,74	91,84	91,84	91,04	92,21	92,24	92,44	92,54	92,67	92,74	92,84	92,84	92,96	93,20	93,64
12	91,67	91,75	91,77	91,87	91,80	91,90	91,90	92,00	92,27	92,30	92,50	92,60	92,73	92,80	92,90	92,90	93,02	93,26	93,70
11	91,74	91,82	91,84	91,94	91,87	91,97	91,97	92,07	92,34	92,37	92,57	92,67	92,80	92,87	92,97	92,97	93,09	93,33	93,77
10	91,81	91,89	91,91	92,01	91,94	92,04	92,04	92,14	92,41	92,44	92,64	92,74	92,87	92,94	93,04	93,04	93,16	93,40	93,84
9	91,87	91,95	91,97	92,07	92,00	92,10	92,10	92,20	92,47	92,50	92,70	92,80	92,93	93,00	93,10	93,10	93,22	93,46	93,90
8	91,94	92,02	92,04	91,14	93,07	92,17	92,17	92,27	92,54	92,57	92,77	92,87	93,00	93,07	93,17	93,17	93,29	93,53	93,97
7	92,01	92,09	92,11	92,21	92,14	92,24	92,24	92,34	92,61	92,64	92,84	92,94	93,07	93,14	93,24	93,24	93,36	93,60	94,04
6	92,07	92,15	92,17	92,27	92,20	92,30	92,30	92,40	92,67	92,70	92,90	93,00	93,13	93,20	93,30	93,30	93,42	93,66	94,10
5	92,14	92,22	92,24	92,34	»	»	»	92,47	92,74	92,77	92,97	93,07	93,20	93,27	93,37	93,37	93,49	93,73	94,17
4	92,21	92,29	92,31	92,41	»	»	»	92,54	92,81	92,84	93,04	93,14	93,27	93,34	93,44	93,44	93,56	93,80	94,24
3	92,27	92,35	92,37	92,47	»	»	»	92,60	92,87	92,90	93,10	»	93,33	93,40	93,50	93,50	93 62	93,86	94,30
2	»	»	»	»	»	»	»	92,67	92,94	92,97	93,17	»	93,40	93,47	93,57	93,57	93,69	93,93	94,37
1	»	»	»	»	»	»	»	92,74	93,01	93,04	93,24	»	93,47	93,54	93,64	93,64	93,76	94,00	94,44
0	»	»	»	»	»	»	»	92,80	93,07	93,10	93,30	»	93,53	93,60	93,70	93,70	93,82	94,06	94,50
—1	»	»	»	»	»	»	»	92,87	93,14	»	»	»	93,60	93,67	93,77	93,77	93,89	»	94,57
—2	»	»	»	»	»	»	»	92,94	93,21	»	»	»	93,67	93,74	93,84	93,84	93,96	»	94,64
—3	»	»	»	»	»	»	»	93,00	93,27	»	»	»	93,73	93,80	93,90	93,90	94,02	»	94,70
—4	»	»	»	»	»	»	»	93,07	93,34	»	»	»	93,80	»	93,97	93,97	94,09	»	94,77
—5	»	»	»	»	»	»	»	93,14	93,41	»	»	»	»	»	94,04	94,04	94,16	»	94,84

plus élevé. Ainsi, si l'on mélange deux sortes de tourteaux, œillette et lin, à coup sûr l'huile qui en proviendra sera ajoutée à celle d'œillette rousse pour fabrique, souvent d'un prix plus élevé que celle de lin.

On n'a pas à craindre l'introduction des huiles d'olive comestibles dans les huiles communes d'un prix moindre; mais on mélange les huiles d'olive pour la bouche avec celles de sésame, d'œillette ou d'arachide.



2.

Les huiles communes d'olive, destinées pour fabrique, sont falsifiées avec celles de sésame, de colza, d'arachide, d'œillette; mais c'est particulièrement avec l'huile de sésame que sont mélangées celles qui arrivent du Levant à Marseille.

Les huiles de chènevis, presque toujours à des prix plus élevés que les huiles de lin, sont ordinairement fraudées avec ces dernières.

Mais il est à remarquer que beaucoup de ces mélanges ne peuvent durer que très peu de jours, lorsque les huiles sont laissées en repos. M. Lefebvre a reconnu qu'il se passe dans ces mélanges le même phénomène que dans les bains d'allinges; les plus lourdes ne tardent pas à se déposer presque complétement. Ainsi un mélange d'acide oléique avec toute autre huile de graines ne tiendra pas deux jours, parce que l'huile pesante va prendre sa place au fond du vase, et celle qui est légère reste au-dessus.

L'huile d'œillette, mélangée à l'olive, tombera au fond du vase en moins de huit jours de repos.

L'huile de baleine, mélangée aux huiles de colza, même aux colzas épurés, se dépose en huit jours. Ainsi, lorsqu'un épicier met un baril au détail et y place un robinet, en supposant que le baril soit un mois à être débité, il aura vendu dans les premiers quinze jours toute l'huile de baleine, même celle placée au-dessous du robinet, et les derniers quinze jours, l'huile de colza à peu près pure. Cette circonstance explique pourquoi il arrive souvent qu'une huile prise au même baril, brûle tantôt mal et tantôt bien.

Dans les piles d'huile, le repos est beaucoup plus remarquable. En supposant qu'une pile soit annoncée comme huile d'œillette pure, si cette huile a été mélangée d'huile de lin, cette dernière se séparera pour aller au fond, alors même qu'elle aurait été clarifiée, purifiée ou blanchie; sa densité, toujours plus forte, la fera infailliblement tomber.

III. *Élaïomètre de M. Gobley.* Cet instrument, comme nous l'avons déjà dit, sert seulement à rechercher l'huile d'œillette dans les huiles d'olive et d'amandes douces.

C'est un aréomètre dont la boule, qui a une assez grande ampleur, est surmontée d'une tige mince, afin qu'elle ait une très grande sensibilité (fig. 2). Il est construit de telle manière, qu'à la température de + 12°5 centigr., température ordinaire des caves à huiles, il s'affleure à 0° dans l'huile d'œillette pure, qui est la plus dense, et à 50° dans l'huile d'olive pure, qui est la plus légère. L'intervalle entre 0 et 50 est divisé en cinquante parties égales. Le zéro est placé au bas de la tige et le 50 à la partie supérieure.

Lorsque l'élaïomètre est plongé, à la température de + 12°5, dans une huile d'olive pure, il s'arrête à 50°; pour peu qu'elle renferme d'huile d'œillette, il s'enfonce moins, et d'autant moins que la proportion d'huile étrangère est plus considérable. C'est ce qu'on voit par le tableau suivant :

L'huile d'olive pure marque 50° à l'élaïomètre.
L'huile d'olive contenant :

2 p. 100	d'huile	d'œillette	marque	49°	à l'élaïomètre.
4	—	—	—	48°	—
6	—	—	—	47°	—
8	—	—	—	46°	—
10	—	—	—	45°	—
12	—	—	—	44°	—
14	—	—	—	43°	—
16	—	—	—	42°	—
18	—	—	—	41°	—
20	—	—	—	40°	—
22	—	—	—	39°	—
24	—	—	—	38°	—
26	—	—	—	37°	—
28	—	—	—	36°	—
30	—	—	—	35°	—
32	—	—	—	34°	—
34	—	—	—	33°	—
36	—	—	—	32°	—
38	—	—	—	31°	—
40	—	—	—	30°	—
42	—	—	—	29°	—
44	—	—	—	28°	—
46	—	—	—	27°	—
48	—	—	—	26°	—
50	—	—	—	25°	—
52	—	—	—	24°	—
54	—	—	—	23°	—
56	—	—	—	22°	—
58	—	—	—	21°	—
60	—	—	—	20°	—
62	—	—	—	19°	—
64	—	—	—	18°	—
66	—	—	—	17°	—
68	—	—	—	16°	—
70	—	—	—	15°	—
72	—	—	—	14°	—
74	—	—	—	13°	—
76	—	—	—	12°	—
78	—	—	—	11°	—
80	—	—	—	10°	—
82	—	—	—	9°	—
84	—	—	—	8°	—
86	—	—	—	7°	—
88	—	—	—	6°	—
90	—	—	—	5°	—
92	—	—	—	4°	—
94	—	—	—	3°	—
96	—	—	—	2°	—
98	—	—	—	1°	—

L'huile d'œillette pure marque 0° —

On voit, d'après cela, que le degré indiqué par l'élaïomètre doit être multiplié par 2 pour connaître en centièmes la proportion de l'huile d'œillette.

Soit 25° trouvés pour une huile d'olive, on dit :

$$25 \times 2 = 50,$$

c'est-à-dire que l'huile essayée contient 50 p. 100 d'huile étrangère.

Lorsque la température, au moment où l'on opère, est supérieure à + 12°5, il faut faire une correction d'après ce principe, constaté par M. Gobley, que les huiles d'olive et d'œillette se dilatent de 3°6 par chaque degré de l'échelle centigrade. On déduit donc du degré trouvé à l'élaïomètre 3°6 autant de fois qu'il y a de degrés entre + 12°5 et la température à laquelle on opère.

Soit, par exemple, de l'huile d'olive marquant 63°5, à la température de + 16°25 : on diminuera 3°6 multiplié par 3,75, ou 13°5 du nombre 63°5 :

$$63°5 - (3°6 \times 3{,}75) = 50.$$

Mais si, au lieu de marquer 63°5, l'huile essayée marquait 54°5, on obtiendrait alors 41 :

$$54°5 - (3°6 \times 3{,}75) = 41.$$

On serait certain, dans ce cas, que l'huile a été mélangée, et en se reportant au tableau, ou multipliant par 2 le nombre 9, qui est la différence entre 41 et 50, on reconnaîtrait que l'huile en question contient 18 p. 100 d'huile d'œillette.

Lorsque la température de l'huile, au moment de l'expérience, est inférieure à + 12°5, il faut alors ajouter au degré trouvé autant de fois 3°6 qu'il y a de degrés de température en moins.

Il se présente dans l'essai une difficulté pour les huiles d'olive obtenues par fermentation. Ces huiles marquent de 54 à 56° à l'élaïomètre, de sorte qu'on pourrait leur ajouter de l'huile d'œillette de manière à amener leur densité à celle de l'huile d'olive de bonne qualité. Mais les huiles d'olive obtenues par fermentation ont une saveur désagréable que l'addition de l'huile blanche ne fait qu'augmenter. Il faut donc toujours goûter l'huile d'olive avant de l'essayer, et la rejeter si elle présente un arrière-goût de moisi, d'huile chauffée, ou si elle laisse à la gorge un sentiment d'âcreté, car l'huile d'olive pure possède une saveur douce qui n'est nullement désagréable.

Un autre inconvénient de l'élaïomètre, c'est qu'il peut faire envisager une huile d'olive comme fraudée par l'huile blanche, alors qu'elle n'en contient pas; il suffit qu'elle soit rance pour peser davantage ; dans ce cas, elle indique à l'élaïomètre un degré inférieur à 50°. Il faut donc encore, en raison de cette circonstance, s'assurer par le goût et par un papier humide de tournesol que l'huile n'a pas d'acidité.

L'huile d'amandes douces livrée par le commerce est souvent mêlée d'huile d'œillette, et quelquefois elle en contient plus de la moitié de son poids. Dans ce cas, la couleur blanche, la fluidité, l'odeur et la saveur particulière que lui communique l'huile blanche font facilement reconnaître la présence de celle-ci ; mais il n'en est pas de même lorsque la proportion d'huile blanche est peu considérable ; cette fraude devient alors très difficile à constater. On peut y arriver, toutefois, à l'aide de l'élaïomètre.

M. Gobley a constaté que l'huile d'amandes douces pure et récente marque à l'élaïomètre 38° à + 12°5
mélangée de 25 p. 100 d'huile d'œillette 28°5 —
— 50 — — 19° —

Comme cette huile se dilate de 3°6 pour chaque degré de l'échelle centigrade, on corrige le degré apparent de la même manière que pour l'huile d'olive, lorsqu'on opère au-dessus ou au-dessous de + 12°5.

Lorsque l'huile d'amandes douces est ancienne, elle marque au-dessous de 38°. Il suffit de la goûter avant tout essai, et de la rejeter si elle laisse à la gorge un sentiment d'âcreté.

Précautions à observer dans l'emploi des oléomètres. Toutes les fois qu'on fait usage d'un oléomètre, quel qu'il soit, il y a certaines précautions à observer afin d'arriver à la plus grande exactitude possible. Ainsi :

1° Comme les huiles sont des liquides très dilatables par la chaleur, et que les oléomètres sont très sensibles, il faut apporter la plus grande attention dans l'examen de la température et dans l'examen du degré que donne l'instrument, autrement on serait facilement induit en erreur ;

2° Il faut que la tige de l'instrument soit mouillée d'huile; aussi lorsqu'on l'introduit dans cette dernière, on doit avoir le soin de le plonger jusqu'au bas de la tige, de le retirer et de le plonger de nouveau; alors on le laisse s'enfoncer de lui-même, et on veille à ce qu'il occupe le centre et qu'il ne touche pas les parois de l'éprouvette à pied dans laquelle on fait l'essai ;

3° Pour vaincre la résistance de l'huile, il convient, lorsque l'instrument a cessé de descendre, de le faire plonger d'un degré seulement, en appuyant légèrement avec le doigt sur l'extrémité de la tige ; s'il reste à ce degré sans remonter, on le fait plonger d'un second degré; alors il remonte ;

4° Quand l'instrument est bien fixé à son point d'affleurement, on regarde le degré qu'il marque; mais il faut lire, non pas le degré qui se trouve au sommet de la courbe que forme le liquide contre la paroi de l'instrument, mais au-dessous, au niveau réel du liquide ;

5° L'instrument doit être essuyé avec soin après chaque opération, sans quoi les matières qui resteraient à sa surface, augmentant son poids, le rendraient moins juste, inconvénient d'autant plus marqué que l'instrument est par lui-même très sensible. Le linge dont on se sert doit être fin et souple, car si l'on se servait d'une grosse toile on essuierait mal l'instrument, et on s'exposerait même à le casser;

6° L'huile doit être versée dans l'éprouvette à pied de manière à ne pas former de bulles, qui empêcheraient de voir nettement le point d'affleurement. Il faut, pour cela, incliner légèrement l'éprouvette et verser doucement l'huile sur sa paroi même;

7° Quant aux thermomètres à employer, il est absolument indispensable d'en apprécier la justesse avant d'en faire usage; il suffit, pour cela, de les plonger dans la glace fondante; ils doivent marquer zéro.

J. GIRARDIN, de Rouen.

OLIVIER. L'olivier est un arbre ne pouvant mûrir que dans l'extrême midi de la France, encore ne prend-il pas un développement comparable à celui qu'il prend en Orient, et les gelées viennent de temps à autre causer des pertes considérables. Apporté en Provence par les Phocéens, lors de la fondation de Marseille, il a produit un assez grand nombre de variétés qui se distinguent par l'aspect des fruits et surtout la qualité comestible des huiles qu'on en retire.

Voici les principales variétés :

1° *Olivier sauvage*, dû à la dissémination des graines des variétés cultivées, sert à greffer ces derniers;

2° *Olivier à petit fruit panaché*, mûrit tard et fournit de très bonne huile ;

3° *Olivier à fruit blanc*, mûrit tard ;

4° *Olivier à petit fruit long, olivier pécholin*, fruits à confire ;

5° *Olivier pleureur, olivier de Grasse*, très fécond, très bonne huile ;

6° *Olivier à bec*, tirant son nom de la forme de son fruit, qui donne une huile abondante et très fine ;

7° *Olivier caillet blanc*, qui fournit beaucoup d'huile et dont la récolte manque rarement ;

8° *Olivier royal*, dont la récolte est assez régulière mais peu productive ;

9° *Olivier à fruit arrondi*, ses fruits sont plus gros que les autres, et l'huile est de première qualité ;

10° *Olivier à fruit doux*, donne des fruits mangeables sans être confits.

L'olivier se multiplie par semis, pour boutures et surtout par greffes. Il faut attendre vingt-cinq ans les arbres provenant de noyau, pour obtenir une récolte satisfaisante. Les oliviers doivent être plantés à 8 mètres de distance environ les uns des autres. Ils doivent (en France au moins, car dans l'Orient et certaines parties de l'Italie ces soins ne sont pas nécessaire) être élagués avec soin, de manière que toutes les parties de la tête de l'arbre conservent une égale vigueur. On les laboure au printemps et à l'automne.

Quant aux engrais, les plus chauds doivent être préférés; la fiente de pigeons et les crottins de brebis peuvent être employés dans tous les terrains; les excréments humains conviennent mieux que toute autre espèce d'engrais dans les terrains sablonneux et caillouteux. Des engrais abondants augmentent sans doute la fertilité de l'arbre, mais la qualité de l'huile n'y gagne pas.

Les olives ont terminé leur maturité vers la fin de novembre. C'est le moment de les récolter lorsqu'on les destine à l'extraction de l'huile. Celles qu'on veut confire doivent être récoltées avant leur maturité complète, c'est-à-dire au commencement d'octobre. La récolte se fait soit en détachant les fruits à la main, soit en frappant sur les branches avec des gaules légères, procédé qui mutile les arbres.

Pour extraire l'huile des olives on les broie d'abord; par une première pressée à froid, on obtient les huiles dites huiles vierges, servant pour la table; la seconde pressée se fait à chaud, les huiles qui en résultent sont employées à la fabrication du savon, au travail des laines, etc.

Nous donnons dans le tableau suivant, non-seulement pour les olives mais encore pour les diverses graines oléagineuses, le rendement en huiles et en tourteaux.

NOMS DES GRAINES OLÉAGINEUSES.	Poids de l'hectolitre de graine.	Produit en litres d'un hectol. de graine.	Produit en tourteaux d'un hect. de graine.	Nombre d'hectol. de graine pour un h. d'huile.	Pesanteur spécifique de l'huile à 15° c.	Température à laquelle l'huile se congèle.
	kilogr.	litres.	kilogr.			
Colza d'hiver (*brassica campestris*).	56 à 70	25 à 38	37	3,50	0,9136	6°
Id. d'été *Id.*	54 à 65	21 à 25	37	4 à 4,50	0,9136	6°
Navette (*brassica rapa et napis*). . .	55 à 68	23 à 26	40 à 42	4 à 4,75	0,9128	3°75
Caméline (*miagrum saticum*). . . .	53 à 60	20 à 24	42,4	4,50	0,9252	18°
Madia sativa.	40 à 50	12 à 15	35,9	8,20	»	»
OEillette (*papaver somniferum*). . .	54 à 62	22 à 25	62	4,55	0,9249	18°
Faîne (*fagus sativa*).	42 à 50	12 à 15	»	10	0,9225	17°50
Chènevis (*canabis sativa*).	38 à 47	11 à 13	40	9,20	0,9276	27°50
Lin.	67	10 à 12	48	10	0,9395	27°50
Noix (*juglas regia*).	par 100 k.	46 à 50	»	»	0,9283	27°50
Amandes *amygdalus communis*. .	par 100 k.	44 à 48	»	»	0,917 à 0,920	10°
Olives.	par 100 k.	10 à 12	»	»	0,9192 (à 12° c.)	4° ou 5°

OLIVES. Voyez HUILE.

OOLITE. Voyez CALCAIRE et GÉOLOGIE.

OPIUM. L'opium est un suc épaissi que l'on retire du pavot blanc, *papaver somniferum album*, plante principalement cultivée dans tout l'Orient, l'Inde, etc. Le mode d'extraction de l'opium n'est pas bien connu. D'après des voyageurs dignes de foi, l'opium dont on fait le plus de cas chez les Orientaux, est celui qu'on obtient par incision des capsules mêmes du pavot. On les exploite alors un peu avant qu'elles jaunissent, en y pratiquant des incisions peu profondes, d'où l'on voit découler un suc laiteux et épais, d'une odeur vireuse et d'une saveur amère, qui se colore et acquiert de plus en plus de consistance par son contact avec l'air, et qui, après dix à douze heures, est entièrement solidifié. On enlève cette première récolte, et l'on procède à de nouvelles incisions jusqu'à ce qu'on ait épuisé toute la périphérie des capsules; on obtient ainsi la première qualité d'opium. Aussitôt que l'exploitation des capsules est terminée, on récolte les tiges, on les pile avec les capsules, et l'on en extrait le suc, qu'on met à part, puis on délaie le marc dans une certaine quantité d'eau et on en fait une décoction, qu'on passe au travers d'un tissu serré et qu'on évapore ensuite avec ménagement. Lorsque la décoction est réduite au tiers environ, on y ajoute le suc obtenu par expression, et l'on fait évaporer de nouveau jusqu'à ce qu'on ait atteint la consistance d'extrait, et c'est alors seulement qu'on y incorpore une certaine quantité de l'extrait naturel qui provient des incisions des capsules, afin de lui donner cette odeur vireuse qui forme un des caractères essentiels du bon opium. On forme avec l'extrait ainsi préparé de petites masses arrondies, qu'on saupoudre avec des feuilles de pavot grossièrement pilées, ou avec des débris de quelques autres végétaux, et principalement des semences de rumex, dont on incorpore même quelquefois une assez grande quantité dans la masse; enfin, on achève la dessiccation de cet extrait au soleil.

On doit choisir l'opium en petites masses bien sèches, d'une cassure nette et homogène, d'une couleur brune rougeâtre et d'une odeur vireuse sans mélange d'empyreume. Lorsqu'il est de bonne qualité, il se ramollit facilement en le pressant entre les doigts; il est susceptible de s'enflammer par l'approche d'une lumière. Pour s'assurer de sa qualité, il convient toujours de déterminer, par expérience, la proportion de matières solubles qu'il renferme.

On trouve principalement dans le commerce trois sortes d'opium : l'opium de Smyrne, l'opium d'Égypte et l'opium de Constantinople. L'Inde fournit une très grande quantité d'opium qui est consommée dans le pays, en Chine, etc. L'opium de Smyrne, qui est le plus estimé, se trouve en masses presque toujours déformées et aplaties, et recouvertes de semences de rumex; il est mou et d'un brun clair, mais il noircit et se durcit à l'air. Il a une odeur forte, vireuse; sa saveur est âcre et suivie d'amertume. L'opium d'Égypte est en pains orbiculaires aplatis, larges de 7 à 8 centimètres; ces pains sont réguliers, très nets à l'extérieur. Ils ont une couleur rousse permanente, une odeur moins forte que l'opium de Smyrne, et se ramollissent à l'air au lieu de sécher, ce qui leur donne un extérieur luisant et un peu poisseux sous les doigts. L'opium de Constantinople forme deux sortes : l'une, en pains volumineux analogues à l'opium de Smyrne; l'autre, analogue à l'opium d'Égypte, en petits pains aplatis assez réguliers, de 5 à 6 centimètres de diamètre, toujours recouverts d'une feuille de pavot dont la nervure médiane partage le pain en deux parties.

L'opium est très employé en médecine comme cal-

mant, et il forme la base fondamentale de tous les remèdes anti-spasmodiques. On en importe annuellement en France 10.000 kilogr. au prix moyen de 30 à 32 fr. le kilogr.

L'opium a une composition très complexe. Il renferme plusieurs bases alcalines végétales, la morphine, la narcotine, la codéine, etc., qui y sont saturées par l'acide méconique. Lorsqu'on fait bouillir avec de la magnésie son infusion, qui est fortement colorée en brun, il se forme du méconate de magnésie, et les bases organiques, la morphine, etc., se précipitent. On lave le précipité à l'eau froide, on reprend par l'alcool à chaud, qui ne dissout que la morphine et la narcotine, et on fait cristalliser à plusieurs reprises, en se servant de noir animal pour activer la décoloration. En dissolvant dans l'acide acétique la morphine mélangée de narcotine, que l'on obtient ainsi, on a l'acétate de morphine habituellement employé en médecine. Si on fait bouillir longtemps cet acétate, celui du narcotine se décompose, l'acide se volatilise et la base se précipite; on obtient ainsi de l'acétate de morphine pur. Les sels de morphine sont des narcotiques très énergiques; leur meilleur contre-poison sont des infusions de café ou de tannin. On les reconnaît à ce qu'ils donnent une coloration rouge très intense avec l'acide nitrique, et une coloration bleue avec les sels de peroxyde de fer.

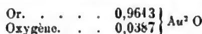
OR (*angl.* et *all.* gold). L'or est un métal connu dès la plus haute antiquité. Sa beauté, son inaltérabilité, sa rareté et sa grande ductilité, l'ont fait adopter comme le premier et le plus cher des métaux que l'on soumet au monnayage. Il est d'un beau jaune un peu rougeâtre. Lorsqu'il est réduit en feuilles très minces, il devient vert par transmission et rouge par réflexion. C'est à l'or métallique très divisé que les verres dits rubis de Bohême doivent leur belle coloration rouge. Il n'a ni odeur, ni saveur; il est plus mou que l'argent. C'est le plus malléable et le plus ductile de tous les métaux : ainsi, on peut le réduire en feuilles de un dix millionième de mètre d'épaisseur, et couvrir avec un gramme de ce métal un fil d'argent de 200.000 mètres de longueur. Sous le rapport de la ténacité, il exige pour se rompre une charge de 21k,64 par centimètre carré. De 0° à 100°, il se dilate de 0,0014661 ou 1/682e en longueur. Sa densité = 19,258 lorsqu'il a été simplement fondu, et 19,367 lorsqu'il a été fortement écroui. Il fond à 32° du pyromètre de Wedgwood, et est sensiblement fixe à la température de nos fourneaux. Il se volatilise et brûle avec une flamme verte, quand on l'expose en feuilles excessivement minces ou en fils très déliés, à l'action d'une forte batterie électrique ou d'une pile voltaïque très puissante.

L'or ne décompose jamais l'eau, même en présence des acides. Les acides sulfurique, hydrochlorique, nitrique, ne l'attaquent pas. L'eau régale le dissout facilement. Les alcalis et le nitre ne l'attaquent, ni par voie humide, ni par voie sèche. Le soufre et l'hydrogène sulfuré ne peuvent l'attaquer, mais les persulfures alcalins le dissolvent. Le chlore, le phosphore et l'arsenic, se combinent directement avec lui à l'aide de la chaleur.

L'or est susceptible de former un grand nombre d'alliages, dont deux se trouvent dans la nature, ceux avec l'argent et le rhodium; parmi ces alliages nous citerons les suivants : l'alliage avec le cuivre, dont les différentes proportions constituent les alliages monétaires et ceux employés dans la bijouterie; les alliages avec l'argent, qui tirent sur le vert, et dont l'un, composé de 7 parties d'or et de 3 p. d'argent, est employé dans la bijouterie sous le nom d'*or vert*; l'alliage gris, composé de 5 à 6 parties d'or pour 1 partie de fer, qui est connu dans la bijouterie sous le nom d'*or gris*; et enfin l'alliage avec le mercure ou amalgame d'or, qui est employé pour la dorure au feu.

Oxydes d'or. Les oxydes d'or sont complètement réduits par la chaleur rouge. On en connaît deux.

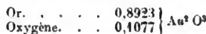
Le *protoxyde* est d'un vert foncé; il se décompose spontanément en or métallique et en peroxyde. Il renferme :



Or. . . . . 0,9613 } Au^2O
Oxygène. . . 0,0387 }

On l'obtient en décomposant à froid le protochlorure par un alcali fixe en dissolution un peu étendue.

Le *peroxyde* ou *acide aurique* est noir; son hydrate est d'un jaune-rougeâtre. Mis en digestion avec l'ammoniaque, il donne naissance à un composé très fulminant qui est probablement un azoture d'or. Il se compose de :



Or. . . . . 0,8923 } Au^2O^3
Oxygène. . . 0,1077 }

On le prépare en chauffant une dissolution de perchlorure d'or avec un excès de magnésie ou d'oxyde de zinc, puis lavant le dépôt avec de l'acide nitrique qui décompose l'aurate formé. Quand on emploie l'acide concentré, l'on a le peroxyde anhydre; quand l'acide est étendu, l'on obtient l'hydrate.

Sels d'or.

Tous les sels d'or sont solubles dans l'eau régale. Le protosulfate de fer et l'acide oxalique précipitent l'or à l'état métallique, de cette dissolution. Le protochlorure d'étain, mélangé d'une certaine quantité de deutochlorure et en dissolution étendue, y donne naissance à un précipité d'un beau rouge pourpre (*pourpre de Cassius*), qui paraît être un mélange de deutoxyde d'étain et d'or métallique dans un état de division extrême. Les principaux sels d'or sont les suivants :

Le *persulfure*, qui est floconneux, d'un jaune brun foncé, et qui forme des sulfures doubles solubles avec les sulfures alcalins.

Les *tellurures*, qui se trouvent dans la nature.

Le *protochlorure*, qui est d'un jaune pâle, très peu stable, et qui s'obtient en chauffant le perchlorure à 200° environ, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de chlore, puis lavant avec un peu d'eau froide pour séparer le perchlorure non décomposé.

Le *perchlorure*, qui est d'un rouge-brun très foncé, incristallisable, très soluble dans l'eau et l'alcool. Il se combine avec l'acide hydrochlorique en donnant un sel acide d'un beau jaune d'or qui cristallise aisément. Il a également une grande tendance à former des sels doubles ou chloro-aurates.

Et enfin le *cyanure*, qui est actuellement très employé dans les nouveaux procédés de DORURE, à l'état d'auro-cyanure alcalin.

Minerais.

Les minerais d'or sont peu nombreux; ils se réduisent à l'or natif ou allié de rhodium, et aux tellurures.

L'*or natif* se présente tantôt en cristaux appartenant au système régulier, tantôt en dendrites et paillettes, ou en grains irréguliers; lorsque les morceaux atteignent une certaine grosseur, on leur donne le nom de *pépites*. Sa couleur varie du jaune d'or au jaune de laiton. Il est presque toujours allié à une quantité variable d'argent; lorsque l'alliage naturel est tel qu'il renferme environ 2 parties d'or pour 1 partie d'argent, il prend le nom d'*électrum*. On trouve quelquefois, au Mexique, des alliages d'or et de rhodium ayant la couleur de l'or, et contenant des proportions très variables de rhodium, dont la moyenne est de 0,34.

L'or natif se trouve le plus souvent dans des terrains de transports anciens, dits *alluvions aurifères*, formés en général de fragments et de cailloux roulés quartzeux, liés entre eux par un ciment argilo-ferrugineux très sableux, et dans lesquels on rencontre accidentellement des débris de roches primitives, du fer oxydulé magné-

tique, du fer titané, et souvent aussi des minerais de platine et des diamants. On exploite des dépôts immenses de cette nature en Californie, en Australie, au Brésil, au Chili, dans les monts Ourals et l'Altaï, en Afrique, etc. Un grand nombre de rivières roulent des paillettes d'or. L'or natif existe aussi en filons dans les terrains anciens, tantôt pur avec gangue de quartz, tantôt disséminé en très petite quantité, et comme accidentellement, dans d'autres minerais métalliques, qui sont le plus souvent des pyrites de fer ou de cuivre, du sulfure d'antimoine ou des minerais d'argent.

Les *tellurures aurifères* ne se trouvent que dans quelques mines des environs de Nagy-Ag, en Transylvanie, dans des filons irréguliers qui traversent la grauwacke et les terrains porphyriques dans toutes sortes de directions. Ils sont accompagnés d'or natif et de minerais d'argent et de cuivre.

Ces minerais sont au nombre de quatre :

1° Le *tellure natif*, qui renferme 0,0025 d'or, se trouve en petites masses irrégulièrement lamelleuses ou à structure grenue, ayant un éclat métallique très brillant, et une couleur passant du gris de plomb au gris d'acier ; sa densité $= 5,7 - 6,1$: il est rayé par la chaux carbonatée. Très fusible au chalumeau, et se volatilise sans résidu. Il est soluble dans l'acide nitrique sans résidu ;

2° Le tellurure auro-argentifère renferme 0,30 d'or et 0,10 d'argent, est toujours à l'état cristallin, et est composé de prismes déliés qui se groupent ensemble de manière à simuler jusqu'à un certain point des caractères hébraïques, disposition qui lui a fait donner le nom d'*or graphique*. Du reste, les autres caractères physiques sont à peu près les mêmes que ceux du tellure natif. Au chalumeau, il fond et laisse pour résidu un bouton métallique d'un jaune clair ;

3° Le tellurure auro-plombifère ou *tellure gris*, est lamelleux et d'un gris prononcé avec un reflet jaunâtre clair ; il renferme environ 0,26 d'or et 0,14 d'argent ;

4° Le tellurure plombo-aurifère ou *tellure feuilleté*, est très lamelleux, d'un gris de plomb assez foncé et d'un éclat métallique très clair ; il est rayé par la chaux sulfatée ; il renferme 0,08 à 0,09 d'or.

Essai des matières aurifères.

Voyez ESSAIS.

Traitement des minerais d'or.

Les minerais d'or les plus exploités sont les alluvions aurifères, qui sont les plus répandus, et consistent en paillettes d'or natif que l'on sépare mécaniquement par le lavage des sables et minéraux qui s'y trouvent mélangés. Les appareils de lavage varient suivant chaque pays : en Russie, où l'on traite de cette manière des sables d'alluvion ayant une teneur moyenne en or de 0,0000026, tantôt on emploie des tables à toiles, tantôt des tables dormantes ordinaires, tantôt on débourbe d'abord et on classe les sables au moyen de patouillets et de cribles, puis on les lave dans des auges inclinées demi-cylindriques au moyen d'un grand nombre de balais fixés à un axe parallèle à celui de l'auge, et qui est animé d'un mouvement oscillatoire de 30 à 40°. On sèche le schlich riche obtenu, et on en sépare les fers titané et oxydulé magnétiques au moyen du barreau aimanté.

Lorsque l'or natif est disséminé en particules pour ainsi dire indiscernables à l'œil nu, comme c'est le cas pour les pyrites aurifères, on peut griller celles-ci et les soumettre ensuite au lavage comme ci-dessus, ou bien les pulvériser très finement et les amalgamer à l'état cru. C'est ce dernier procédé que l'on emploie dans plusieurs endroits du Piémont pour le traitement des pyrites aurifères.

Dans le Tyrol, où les minerais pyriteux renferment de 0,000006 à 0,000015 d'or et des minerais d'argent, on fait tourner dans des moulins, avec du mercure, le minerai bocardé très fin, immédiatement après sa sortie du bocard et avant son dépôt dans les labyrinthes. Le moulin d'amalgamation est formé d'une partie fixe en fonte et d'une partie mobile en bois. La caisse en fonte présente deux cylindres concentriques de rayon égal réunis par un plan incliné. Au centre est un tube creux dans lequel passe l'axe moteur qui est vertical. La meule de bois a extérieurement la forme de la caisse en fonte ; elle est évidée intérieurement à peu près en cône ; elle est reliée par des cercles de fer et présente sur sa base de petites lames de fer saillantes disposées symétriquement : partout, entre la caisse en fonte et la meule en bois, il existe un vide de $0^m,02$. Trois tiges de fer fixées à la meule en bois se rattachent à un triangle percé à son centre, et s'appliquent sur le rebord d'une pièce qui s'enfile sur l'axe moteur lequel est carré à son extrémité ; cette pièce repose sur d'autres pièces qui permettent, par leur nombre et leur épaisseur, de faire varier la position de la meule. La meule en bois fait de 15 à 20 tours par minute. On met dans chaque moulin 25^k de mercure, et les lames de fer saillantes de la meule pénètrent de $0^m,005$ dans ce mercure. Le minerai réduit en particules très fines sous les pilons du bocard, est entraîné par l'eau, tombe dans le cône central de la meule, traverse le mercure, remonte dans l'espace entre les deux meules, et sort par une ouverture pratiquée dans la caisse de fonte, à l'opposition de son entrée. Comme, en général, la matière n'est pas encore dépouillée de tout l'or qu'elle contient, elle passe dans un second moulin semblable, placé à un étage inférieur, et quelquefois même dans un troisième moulin. L'eau trouble se rend ensuite dans les labyrinthes ; les dépôts sont lavés et donnent des schlichs qui sont traités par fusion comme minerais d'argent. Après quatre semaines de travail, le mercure est retiré des moulins, lavé et pressé à travers une peau de chamois. Le mercure qui passe est employé de nouveau. L'amalgame solide qui reste sur la peau renferme un tiers d'or et est distillé comme celui d'argent (voyez ARGENT — *amalgamation saxonne*). L'or obtenu est refondu. La perte en or est de 25 pour 100, et on perd 1 de mercure pour 1 d'or obtenu.

La méthode du Tyrol est aussi employée dans la Basse-Hongrie pour le traitement des minerais analogues. Cependant quelques usines suivent encore l'ancienne méthode du pays, qui consiste à faire passer l'eau trouble qui sort du bocard sur des planches recouvertes de toiles, avant qu'elle n'entre dans les labyrinthes. Toutes les trois heures on enlève les toiles et on les lave dans une caisse ; le dépôt que l'on obtient est enrichi par le lavage d'abord sur une table dormante, puis dans une sébille à main. Le schlich riche obtenu est amalgamé comme ci-dessus.

Dans la Haute-Hongrie, où l'or natif et les tellurures sont mélangés de minerais de cuivre et d'argent, on traite ces minerais par *imbibition* (voir ARGENT, p. 220) ; on fond pour matte les minerais pauvres grillés, et on désargente la matte par imbibition. On grille la première matte désargentée et on la fond avec des minerais riches en partie grillés ; on désargente également la deuxième matte par imbibition et, après l'avoir ensuite grillée à un grand nombre de feux, on la fond pour cuivre noir. Ce cuivre noir est argentifère ; on le traite par liquation ou par amalgamation, puis on affine les résidus comme il est dit à l'article ARGENT. Le plomb d'œuvre est soumis à la coupellation, et on ajoute pendant l'opération les tellurures très riches. On obtient un alliage d'or et d'argent qui est soumis à l'affinage, comme il est décrit à l'article AFFINAGE DES MATIÈRES D'OR ET D'ARGENT. L'or ayant moins d'affinité que l'argent pour le soufre, il s'en perd relativement une plus forte propor-

tion dans les scories, dans le traitement ordinaire pour mattes; aussi le traitement par imbibition doit généralement être préféré pour des minerais d'argent très aurifères. Enfin, dans beaucoup d'usines à argent, on obtient de l'argent qui renferme 0,03 à 0,005 d'or et même moins; on l'en sépare au moyen de l'acide sulfurique.

Comme un 1/2000e seulement d'antimoine, de plomb ou d'étain, altère très notablement la ductilité de l'or, on le purifie presque toujours en le fondant et l'agitant, lorsqu'il est fondu, avec une petite quantité de borax et de nitre; les métaux étrangers qu'il peut encore renfermer s'oxydent et viennent former une scorie à la surface du bain.

Statistique.

La production annuellé de l'or est de 125,500k, savoir :

Hongrie, Transylvanie et Tyrol	1,590k	
Piémont	40	
Hartz	3	
Turquie d'Europe	100	
Europe	1,733 —	1,733k
Russie (Oural, Altaï)	8,867	
Thibet, Indoustan, etc.	7,000	
Asie	15,867 —	15,867
Afrique (Sennaar, etc.)		6,000
Californie	85,000	
Brésil	7,200	
Mexique	6,000	
Etats-Unis (Caroline)	3,600	
Nouvelle-Grenade	4,000	
Chili	1,500	
République Argentine	1,000	
Pérou	1,000	
Vénézuela	500	
Divers	2,000	
Amérique	101,900 —	101,900
Total		125,500k

qui, à raison de 3,500 fr. le kilog., représentent une valeur de 440 millions environ.

A cette production, devenue si considérable depuis la découverte de l'or en Californie, d'où l'on a retiré, dans ces dernières années, près de 300 millions d'or chaque année, il faut ajouter celle qui paraît devoir la dépasser encore, de l'Australie.

Dans une publication récente, M. Delesse, ingénieur des mines, établit que c'est à Londres que de savants géologues anglais déduisirent de la similitude de formation et de direction des montagnes de l'Australie avec celles de l'Oural, la probabilité que l'or devait se trouver dans ce pays; admirable résultat de la science, qui doit redoubler le courage des hommes dévoués aux progrès des sciences. Quant à l'étendue de la région aurifère en Australie, M. Delesse constate que l'or a été trouvé partout, entre Bingara au nord et les montagnes du cap Ottway au sud. C'est un espace de 9 degrés de latitude. Vers le nord on vient de trouver l'or jusqu'au mont Abondance, à Fitz-Roy Downs; par conséquent, l'or paraît exister du sud au nord, sur une longueur de 12 degrés de latitude; c'est un espace de 1,300 kilomètres. De plus, l'or a été reconnu à l'est jusqu'à Hanging-Rock, c'est-à-dire un peu au delà du 150e degré de longitude, et à l'ouest jusqu'à Echunga, qui est située près du 139e degré, à 40 kilomètres d'Adélaïde. Par conséquent, l'or paraît exister sur plus de 11 degrés de longitude; c'est environ 1,000 kilom. Il ne faut pas perdre de vue qu'on n'est encore qu'aux premiers pas, car la découverte du premier gisement fut opérée par M. Hargraves, le 3 avril 1851, et que, à mesure qu'on marche devant soi, la région aurifère s'étend sous les pas du mineur, comme par enchantement.

Dans cette immense surface de 1,300 kilomètres de long sur environ 1,000 de large, chaque jour de nouveaux gîtes sont découverts. Ce ne sont pas seulement des bancs de gravier ou de sable, c'est souvent aussi l'or au milieu de la roche désagrégée sur place, ce qu'on appelle en Californie les *dry diggings*. C'est enfin la masse même des filons primitifs dans toute leur solidité native qui se présentent avec des quantités d'or telles qu'il est permis de les exploiter avec profit. L'extraction de l'or du sein même des filons de quartz est presque une nouveauté. Jusqu'à la Californie, elle n'avait été tentée que sur des proportions mesquines et avec peu de résultats. En Californie, les entreprenants mineurs des Etats-Unis s'y livrent déjà sur une certaine échelle. D'après les faits recueillis par M. Delesse, il y aurait lieu d'en attendre en Australie de grands effets.

L'or existe en Australie non-seulement à l'état de poudre très ténue, mais aussi fréquemment à l'état de grains ou de petites masses appelées pépites. La plus grosse pépite qui ait jamais été découverte depuis que les hommes exploitent les mines d'or sur tous les points du globe est celle qui a été trouvée par un naturel au service de M. W. Kerr, à la jonction du Meroo et de la Merinda. Elle pèse 48 kilogr.

L'industrie du mineur est très productive, et par conséquent ne court pas le risque d'être abandonnée.

Vers la fin de décembre 1852, le nombre total des mineurs était, dans la province Victoria seulement, à peu près de 100,000. Or de toutes parts on se rue sur l'Australie. Une flotte entière est occupée à y transporter des émigrants d'Angleterre. Il en arrive même quelques-uns de la Californie, attirés par la richesse supérieure des gisements.

Dans des circonstances semblables, il serait surprenant que dans le courant de 1853 l'Australie n'exportât pas 200,000 kilogr. d'or, c'est-à-dire 600 millions de francs au moins, et à moins d'une perturbation générale et profonde dans la politique du monde, en 1854, à ce compte, elle devrait atteindre 1 milliard.

Il n'est pas possible qu'un phénomène pareil ne soit pas suivi d'une baisse marquée de l'or. Depuis la découverte par Christophe Colomb, jusqu'en 1848, le nouveau continent n'a pas fourni en tout plus de 10 milliards de francs en or, c'est-à-dire en moyenne 30 millions environ par an. Ainsi à elles seules la Californie et l'Australie ensemble ont rendu en 1852 la quatorzième partie de cette masse totale, et en 1853 tout porte à prévoir qu'elles en donneront à peu près le dixième, c'est-à-dire trente fois l'extraction moyenne.

ORCANETTE. On désigne sous ce nom les racines de quelques espèces de borraginées, et particulièrement celles des *lithospermum tinctorium*. La matière colorante de l'orcanette est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, l'huile et tous les corps gras, auxquels elle communique une belle couleur rouge. On l'emploie pour colorer des pommades et des onguents, pour donner une couleur rose à des liqueurs de table, et dans quelques opérations de teinture; mais comme cette couleur est peu solide, l'usage en est restreint.

ORFÉVRERIE. Selon un usage trop fréquent dans la langue française, on entend par le mot *orfèvrerie* deux choses distinctes : un art tout entier, celui de la fabrication de tous les objets en or, et en même temps les produits de cette fabrication. Les Anglais et les Allemands ont eu soin d'introduire cette distinction dans le langage. On dit, pour désigner l'art, en allemand, *Goldarbeiterkunst* : en anglais, *goldsmith's trade*; et pour désigner les objets fabriqués, en allemand, *Goldschmidsarbeit* ; en anglais, *goldsmith's ware*. Une autre confusion a également été faite relativement à l'emploi du mot orfèvre que l'on applique indistinctement au fabricant et au débitant. Enfin le mot orfèvre, dont l'étymologie latine, *auri faber*, signifie seulement fabricant d'objets en or, est le nom générique que l'on

donne à quiconque travaille les métaux précieux, l'or, l'argent et le platine, mais surtout l'or et l'argent.

Cette généralité de l'expression, cette diversité de significations nous conduisent à traiter, sous le même titre, un grand nombre de divisions et de subdivisions existant dans une industrie ou plutôt un art dont les moyens d'exécution sont aussi variés que les produits. Rejetant tout ce qui est relatif à la partie commerciale de notre sujet, nous considérerons seulement quatre professions dans l'orfévrerie.

1° L'*orfèvre proprement dit* est celui qui entreprend la fabrication de la vaisselle, des couverts, des ornements de table ou d'église, des coffrets, des coupes et de tous les gros ouvrages qui servent à l'ameublement, qui sont appliqués *à la décoration des habitations ou des édifices*. On a assez improprement nommé autrefois le fabricant de ces objets *orfèvre grossier*, à cause de la grandeur des pièces qu'il confectionne; cette appellation ne signifiait nullement que ses ouvrages étaient grossièrement exécutés, car ils avaient la délicatesse, le goût et le fini qui ont fait la réputation des œuvres plutôt artistiques qu'industrielles des illustres orfèvres dont la France s'honore avec tant de raison.

2° L'*orfèvre-bijoutier* fabrique tous les bijoux d'or, tels que bracelets, anneaux, colliers, broches, poignées d'épée, tabatières, tous les bijoux en or appliqués plus spécialement à la *décoration des personnes*, même lorsqu'ils sont enrichis de pierres précieuses ou de diamants, lorsqu'ils sont émaillés ou non émaillés.

3° Si l'orfèvre-bijoutier n'emploie pas nécessairement les pierres précieuses dans la confection des objets qui sortent de ses mains, il n'en est pas de même de l'*orfèvre-joaillier*, qui a surtout pour habitude de faire ressortir les vifs reflets, les brillants jets de lumière des pierres taillées par le lapidaire, en les disposant sur ces ornements aux formes si gracieuses et si légères qui parent les têtes et brillent sur les corsages des femmes; ils font ces bouquets, ces couronnes de fleurs, ces grappes de fruits où les tiges sont de l'or et de l'argent, les pétales des brillants, les fruits des saphirs ou des rubis. Ajoutons seulement que dans les ouvrages de bijouterie, on enchâsse plus souvent les pierres de couleur, et dans les ouvrages de joaillerie les diamants et les pierres incolores ou très-légèrement colorées.

4° Par suite de l'extension donnée au mot orfévrerie, on dit aussi bien *orfèvrerie de cuivre* et *orfèvrerie de plaqué* que *orfèvrerie d'or et d'argent*. Le plaqué et l'orfèvrerie de cuivre sont une imitation de l'orfévrerie proprement dite; nous nous en occuperons en dernier lieu sous le titre d'*orfèvrerie d'imitation*.

Nous allons passer successivement en revue chacune de ces quatre professions, en commençant par la joaillerie dont les moyens d'exécution sont, industriellement parlant, plus simples que ceux de la bijouterie ou de l'orfevrerie proprement dite, mais qui appelle à son aide toute la fantaisie et tout le goût de l'artiste. Auparavant, nous nous ferons un devoir de faire connaître que nous n'aurions pas pu remplir la tâche que nous avions acceptée, de faire l'article ORFÈVRERIE dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, si nous n'avions été aidé par les excellents renseignements et les complaisantes explications qu'ont bien voulu nous donner M. Rouvenat et les chefs des ateliers de joaillerie et de bijouterie de l'important établissement qu'il dirige conjointement avec son parent, M. Christofle, et si, d'un autre côté, notre ami, M. Daly, directeur de la *Revue générale de l'architecture*, ne nous avait secouru de ses lumières pour la question d'art.

SECTION I. — DE LA JOAILLERIE.

L'art du joaillier, en tant qu'art distinct, était inconnu des anciens. Jusqu'à l'année 1745, époque du perfectionnement de la taille du diamant, l'orfèvre enchâssait bien les pierres précieuses dans l'or ou l'argent, mais il ne s'agissait, le plus souvent, que de bagues d'évêques, d'objets servant au culte, etc. Agnès Sorel et Anne de Bretagne furent les deux premières femmes qui, en France, se parèrent de pierreries. Sous Louis XIV seulement, la joaillerie acquit une certaine perfection, et les joailliers, sous le nom de *metteurs en œuvre*, furent, sous Louis XV, considérés comme artistes et admis à la jouissance de quelques priviléges. Aujourd'hui, quoique en Angleterre et en Russie on monte assez bien le diamant, la France a presque conquis le monopole de la joaillerie. La légèreté, la grâce et le bon goût des joyaux français les font préférer dans tous les pays du monde aux joyaux mis en œuvre ailleurs que dans notre pays. Nul ouvrier ne possède la science du dessin, un goût développé, une grande dextérité de main, au même point que l'ouvrier français et surtout l'ouvrier parisien.

On conçoit qu'il soit difficile d'expliquer avec précision une industrie qui n'admet pas de règles invariables, où le goût et la fantaisie de l'ouvrier donnent particulièrement du mérite à l'ouvrage. Ces diadèmes, ces guirlandes, ces bouquets légers où la grâce de la forme lutte avec l'éclat des diamants, ne sauraient être créés selon une formule rigide, ne sauraient sortir d'un moule, d'une matrice, d'une machine. La main capricieuse de l'homme doit incessamment intervenir pour modifier, changer, corriger les formes du modèle primitif. Cependant, même dans la fabrication des joyaux les plus différents, il se rencontre des opérations toujours identiques qui sont comme les points de repère auxquels se mesure la marche de l'ouvrier; ce sont ces opérations que nous allons décrire en prenant pour exemple la confection d'une coiffure, telle que le *chignon* représenté en grandeur (fig. 2030).

Ce dessin au trait est celui qui est donné au joaillier; les feuilles, les grappes, la rose, qui s'y trouvent tracées, doivent être faites séparément et ensuite assemblées. Le joaillier décalque à part les feuilles telles que A (fig. 2031), les culots de gland tels que B et C (fig. 2032 et 2033), les grappes telles que D (figure 2034), etc. Les feuilles et les grappes ne doivent pas être fabriquées de la même manière. Les feuilles qui doivent recevoir de petits brillants sont faites avec du *plané*; les grappes, les pendants, les boutons, etc., sont faits avec de la charnière.

Occupons-nous d'abord des feuilles, des parties faites avec du *plané*.

L'ouvrier prend une feuille d'argent laminé à épaisseur convenable, la polit avec de la ponce, la fait chauffer, puis y applique facilement une légère couche de cire blanche. Il décalque alors avec du papier végétal en les plaçant à l'envers, pour qu'ils viennent dans le sens, les dessins d'une feuille A (fig. 2031), ou bien des culots B ou C (fig. 2032 et 2033). Cela fait, il fixe les dessins en enlevant la cire avec une pointe, et ensuite, avec une scie à main très fine, il découpe la feuille dans la lame d'argent.

Quelquefois, lorsqu'il s'agit par exemple d'une broche où se trouve un nœud, le joaillier doit avoir soin de décalquer sur la lame d'argent le double (au moins) du ruban tracé sur le dessin primitif, en le développant en sens contraire, afin qu'il puisse être plus tard renoué et contourné selon la forme qu'il est désirable de lui donner.

Cette première opération du découpé terminée, le joaillier soude avec la soudure d'argent au quart (voir au mot BIJOUTIER-JOAILLIER) une doublure, c'est-à-dire une mince feuille d'or au titre de 12 karats (500 millièmes). Cette doublure est destinée à relever l'éclat du dessous du joyau, car l'or est susceptible de recevoir un brillant, et il revêt la forme d'arêtes vives et éclatantes qu'on ne saurait donner à l'argent.

Le joaillier mouvemente alors la pièce de manière à lui faire prendre la forme la plus naturelle, la plus gracieuse, et à la fois la plus propre à faire valoir le jeu des brillants qu'elle recevra bientôt. Cette opération se fait pour



2031.

les parties les plus concaves ou les plus convexes, en donnant

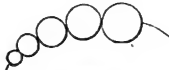
2032.





2033.

un ou plusieurs coups de *bouterolle* sur la pièce placée sur



2034.

le trou le plus convenable du *dé à emboutir*.

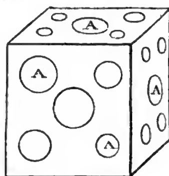
Le dé à emboutir est un bloc de bronze (fig. 2035) de forme rectiligne, dont chacune des faces a 0m,068 de côté, et est percée de plusieurs cavités hémisphériques A de différentes grandeurs. La *bouterolle* est un poinçon en acier de 0m,08 de long, arrondi par le bout, et qui entre juste dans le trou du *dé à emboutir*; il faut par conséquent autant de bouterolles que le dé a de trous différents.

Quand la feuille ou le culot de grappe a la forme qui lui convient, on passe à l'ajustement des brillants. Cet ajustement peut se faire de deux manières selon que l'on a donné les brillants, ou bien selon qu'on sait seulement le nombre de brillants qu'il faudra placer. Dans le premier cas, on fixe la feuille à l'extrémité d'un petit bâton dont le bout est couvert de cire, et on la recouvre en outre de cire jaune, qui permettent d'ajuster provisoirement les brillants et de chercher la place qui leur

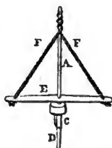
2030.

fera produire le meilleur effet. Les brillants sont toujours mis de manière à laisser libres et en relief les côtés et les nervures des feuilles. Les places des brillants marquées, on perce des trous pour leur introduction: cette dernière opération se fait immédiatement sans ajustement préalable, dans le cas où les brillants ne sont

pas mis à l'avance à la disposition de l'ouvrier. Les trous se font avec le *drile* ou porte-foret (fig. 2036) ; le foret D, en acier trempé, est aplati vers le bas et aiguisé en



2035.



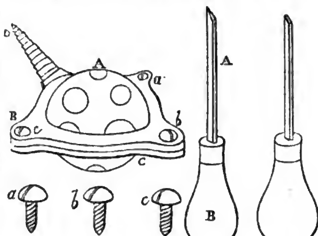
2036.

biseau losange ; vers le haut il est forgé en carré, et va en diminuant un peu pour entrer dans la boîte du drile. A l'archet E est attachée une courroie ou corde très flexible F, qui fait deux ou trois tours sur la tige A. En appuyant sur l'archet on fait enrouler la corde, et par suite tourner le foret qui s'enfonce dans le métal. Les trous ou *jours* étant pratiqués dans les parties faites en plané, on les donne à la polisseuse, qui les polit en y passant du fil imbibé d'huile à la ponce, puis d'huile au tripoli, et enfin d'huile au rouge. Les pièces sont ensuite savonnées, brossées et séchées.

Avant de nous occuper de la monture et de la sertissure des brillants, voyons maintenant la préparation de la *charnière* pour les chatons de grappes et pendants. Le joaillier prend une bande d'argent laminée à une épaisseur telle, que roulée cylindriquement pour former les grains de grappe, elle laisse un creux convenable pour recevoir la pierre qui lui est destinée. Cette bande est d'abord courbée au moyen d'un coup de marteau donné en la posant sur une pièce de bois portant plusieurs moulures ; une de ses extrémités est alors taillée en pointe avec les cisoirs, et faisant passer la pointe dans le trou d'une filière on la tire avec une pince ; les deux lèvres de la bande se rapprochent et l'on obtient un tube creux dans lequel on coupe tous les chatons à épaisseur convenable. On sonde la fente à la lampe en même temps qu'une doublure en or, et une pointe d'or ou petite charnière en or pour servir à l'assemblage. Les feuilles faites en plané reçoivent aussi par une soudure des pointes et de petites charnières en or.

Il s'agit maintenant de monter les pierres sur l'ouvrage, préparé comme nous venons de l'indiquer. L'ouvrier commence par *mettre en ciment*, c'est-à-dire par enfoncer les pièces dans du ciment, suffisamment chauffé, dont il a garni une poignée de bois tournée ; il a pour but de fixer le métal de manière à ce qu'il puisse le travailler sans qu'il vacille. Il *met* ensuite *en cire* les pierres, c'est-à-dire qu'il les fixe par leur partie supérieure dans un petit bâton dont le bout est couvert de cire, afin de pouvoir les prendre facilement et les porter aux places qu'elles doivent occuper définitivement. Lorsque l'ouvrage est bien préparé, le joaillier met la poignée de bois dans un trou de la *boule à sertir*. *Sertir* une pierre, c'est rabattre sur les bords une partie du métal qui l'entoure, après l'avoir relevé sur le contour. Le métal rabattu ne cache de la surface de la pierre que la quantité absolument nécessaire pour qu'étant serré tout autour, il puisse la retenir solidement sans qu'on ait lieu de craindre de la perdre. La *boule à sertir* est une boule de cuivre A (fig. 2037), percée de plusieurs trous de différentes grandeurs, ajustée entre deux bassins B et C, en cuivre ou en bronze, entre lesquels elle peut se mouvoir en tous sens. Ces deux bassins sont ajustés l'un sur l'autre par trois vis *a*, *b*, *c*. Outre ces trois vis, le bassin inférieur C porte une vis D, qui entre dans l'établi et sert à fixer l'instrument.

Avec une *échoppe à refendre*, instrument d'acier (figure 2038) très poli et évidé sur le dos, le joaillier ramasse le métal autour de la pierre. Avec une *échoppe à arrêter*, morceau de fer plat carré A (fig. 2039), monté sur une poignée de bois B, ayant deux biseaux formant un tranchant que l'on émousse avec une lime, afin qu'en appuyant sur le métal on soit hors de risque de



2037.



2039.



2038.

le couper, le joaillier rabat ensuite l'argent sur la pierre, lorsque la portée est formée, et qu'il est déterminé à faire la sertissure. Enfin, au moyen d'un poinçon qu'il frappe avec le *marteau à sertir*, dont A est la tête et B le manche (fig. 2040), il resserre et applique étroitement les rebords métalliques sur la pierre, qui doit être alors tellement serrée qu'en aucun point il ne se trouve le plus petit interstice entre elle et l'argent. Le joaillier forme



2040.

ensuite, au moyen d'une échoppe, huit griffes sur la sertissure, en les espaçant également et les séparant symétriquement. Il enlève en outre avec une *pointe à découvrir* (fig. 2041) la partie superflue de la sertissure qui couvre la pierre au-delà de la partie sur laquelle elle pose, et qu'on nomme feuillet, parce que sans cette précaution elle perdrait de son étendue. Avec



2041.

la partie tranchante de cette pointe il agit de bas en haut, et amincit, par conséquent, la sertissure du côté de la pierre ; la sertissure prend ainsi la forme d'un tronc de cône dont la petite base est en haut. Toutes ces opérations terminées, le joyau est envoyé à la polisseuse, qui polit de nouveau à la ponce, au tripoli, et enfin au rouge d'Angleterre. Les différentes pièces reviennent enfin au joaillier qui les réunit en les soudant à l'étain, avec l'alliage suivant : étain fin, 2 parties ; plomb, 1 p. L'argent dont se sert le joaillier est au titre de 980 millièmes.

La description de la mise en œuvre que nous venons de détailler, n'avait encore été donnée dans aucun ouvrage. Elle est relative à la monture à jour, celle qui surtout est du ressort du joaillier proprement dit. L'ancienne Encyclopédie et les dictionnaires technologiques qui ont paru successivement, se sont bornés à décrire la monture des roses, ou des autres pierres enchâssées dans le chaton d'une bague. Or, cette opération n'est pas plus du ressort du joaillier que du bijoutier ; c'est une opération qui se fait dans les deux professions. Nous n'en dirons que quelques mots, qui suffiront, après tous les détails que nous venons de donner sur la monture des brillants par le joaillier, pour faire comprendre en quoi elle consiste.

Lorsque la pierre qu'il s'agit de monter sur la bague est un diamant, la sertissure doit être en argent ; elle est en or pour toutes les pierres de couleur. L'ouvrier prend donc un fil d'argent ou d'or, selon le cas ; il le contourne de manière à pouvoir entourer la pierre. Il prend ensuite une plaque d'or mince, il l'emboutit sur le *dé à emboutir* à l'aide de la bouterolle. Cette opération terminée, il en lime la surface et il ajuste le fil qu'il soude à la lampe. Il obtient ainsi l'assemblage qu'on nomme chaton. Le chaton est à son tour soudé aux deux bouts de l'anneau d'or préparé à l'avance, selon la grosseur du doigt. La bague est maintenant préparée pour la sertissure de la pierre. Elle est par conséquent *mise en ciment*, tandis que la pierre est *mise en cire*, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut. Ici se place une opération dont nous n'avons pas eu occasion de parler, dans le cas des montures à jour. Lorsque le chaton est bien préparé, l'ouvrier met la *poignée de bois* dans la *boule à sertir* et couvre le fond du chaton de noir d'ivoire, provenant d'ivoire brûlé. Ce noir est broyé aussi fin que possible à l'eau, et délayé dans une eau légèrement gommée. La façon de l'employer dépend de l'artiste et de la nature des pierres dont il s'agit de faire valoir la beauté. L'artiste place sur le noir, dans la cavité du chaton, lorsqu'il s'agit du diamant ou de pierres blanches, une feuille d'argent battue, extrêmement mince et brunie avec beaucoup de soin, d'un brun très doux et très vif. Cette feuille doit être découpée de manière à ce que les jointures correspondent aux angles de la pierre ; on y pratique un trou à la partie qui sera en contact avec la pointe de la *table* du dessous du diamant. Ce trou, qui ne doit pas excéder cette table, laisse à découvert le noir d'ivoire qui donne un plus beau reflet à la pierre. Quelquefois, au lieu de ce trou, on peint une étoile noire sur la feuille d'argent. Sous les diamants jaunes, il est bien de colorer en bleu la feuille d'argent ; la couleur de la pierre qui est un défaut, semble ainsi de beaucoup diminuée. Si l'on monte des pierres de couleur, la feuille placée dans le chaton doit être brunie également, et colorée comme la pierre ; on ne pratique pas de point noir dans la table inférieure. Toutes ces opérations terminées, on ajuste la pierre dans l'*œuvre* avec une échoppe, on la *sertit*, la *découvre*, etc.

SECTION II. — DE LA BIJOUTERIE.

La bijouterie est l'art de fabriquer en or de petits ouvrages curieux ou précieux, que l'on nomme bijoux, et qui en général servent à la parure des personnes. La bijouterie n'emploie qu'exceptionnellement l'argent, tandis que la joaillerie emploie surtout ce métal. Les pierres précieuses de couleur, les émaux et les nielles, sont constamment employés par le bijoutier, qui sait marier la couleur de l'or aux effets si variés de ces auxiliaires charmants et précieux. Le bijou doit avoir une grande valeur, non pas seulement à cause de la matière rare et précieuse dont il est composé, mais surtout par l'arrangement de cette matière, par le goût, la fantaisie, et par la signification emblématique de cet arrangement. On ne demande pas autant aux joyaux dont la légèreté gracieuse, la frivolité éclatante, sont les principaux attributs.

§ 1. *De l'or employé en bijouterie.* — L'or arrive en lingots dans l'atelier du bijoutier ; ces lingots sont à 1000 millièmes ou environ (24 karats) ; c'est de l'or fin. Le bijoutier commence par en faire des alliages, soit aux trois titres légaux actuels, qui ont déjà été donnés au mot BIJOUTIER-JOAILLIER, soit aux différentes couleurs dont l'emploi est usité dans son art.

L'*or au haut titre* est le premier titre légal actuel, 920 millièmes ou 22 karats 1/32 et 1/2 ; ce titre est plus spécialement employé dans l'orfèvrerie.

L'*or au titre* est l'or à 840 millièmes ou 20 karats 5/32 et 1/2, autrefois 20 karats seulement ou 833,33 millièmes.

L'*or commun* est l'or à 750 millièmes ou 18 karats.

Les tolérances sont de 3 millièmes.

L'*or bas* est l'or au-dessous de 750 millièmes ; depuis 500 jusqu'à 750.

Pour que l'or puisse être facilement travaillé, il faut que l'alliage soit parfaitement homogène ; le bijoutier ne l'obtient à cet état qu'après plusieurs fontes successives. L'alliage bien fait ne doit donner ni grenures ni gerçures sous l'action du marteau à la forge, ou entre les cylindres du laminoir. Quand l'alliage est mal fait, on dit que l'or est *aigre ;* on l'adoucit par une nouvelle fonte en présence du borax et du salpêtre. Les fusions se font dans des creusets de Paris, au milieu d'un bon feu de charbon de bois.

Les couleurs de l'or usitées dans la bijouterie sont les suivantes :

Or jaune : or fin.
Or rouge : or fin, 750 ; cuivre rosette, 250.
Or vert ; or fin, 750 ; argent, 250.
Or feuille morte : or fin, 700 ; argent, 300.
Or vert d'eau : or fin, 600 : argent, 400.
Or blanc : or dont la couleur est adoucie par une quantité d'argent de plus en plus considérable.
Or bleu : or fin, 750 ; fer, 250. Cet alliage est difficile à préparer ; on l'obtient en plaçant le fer en gros fil au centre de l'or fondu, et retirant aussitôt que l'alliage est fait. L'alliage étant fait, on le coule ; il ne doit pas être poreux. On le forge et on le réduit en lames ou en fils de différentes épaisseurs.

Le bijoutier fait fondre également les alliages qui constituent les soudures. Ce sont des alliages plus fusibles que le métal employé par le bijou. Il en faut par conséquent de plusieurs sortes à cause des différents alliages d'or employés, et aussi à cause de la succession des soudures, dont les unes sont faites après les autres. La soudure étant composée (voir le mot BIJOUTIER-JOAILLIER), on la bat bien mince et on la coupe en très petits morceaux ou paillettes, qu'en terme du métier on appelle *paillons*.

§ 2. *Diverses catégories de bijouterie.* — Il y a un grand nombre de distinctions à établir entre les bijoux, soit d'après leur destination, soit d'après leur fabrication. D'abord le bijou, au sortir de la main de l'ouvrier, est simplement livré au polisseur, ou bien il est mis en couleur, c'est-à-dire jauni, c'est-à-dire encore soumis à une opération qui enlève l'alliage à la surface du bijou, et par conséquent lui donne l'apparence de l'or fin. Les bijoux peuvent être unis, *polis*, gravés ou ciselés, ou bien encore, unis, *brunis ou mats*, avec ciselures ou gravures. Enfin les bijoux peuvent être *pleins* ou *creux*, ou en *filigrane; fondus* ou *estampés; faits à la main très forts*, c'est-à-dire fabriqués sans le secours des moyens mécaniques, ou bien faits d'après des matrices, c'est-à-dire n'être que des copies des bijoux plus précieux faits d'abord à la main.

Nous considérerons trois catégories dans la bijouterie proprement dite :

I. Nous mettrons en première ligne la *bijouterie*

d'art, qui remonte au temps de Benvenuto-Cellini, et la seule qui ait réellement quelque analogie avec l'orfèvrerie. Elle se travaille effectivement par des procédés presque identiques à ceux employés par l'orfèvrerie. La bijouterie d'art produit la classe des bijoux les plus riches, et ceux dont la fabrication offre le plus de difficultés; ce sont les couronnes, les vases destinés aux usages sacrés ou profanes, les épées, les poignards, les coffrets, les riches tabatières, etc., etc., ornés des pierres les plus précieuses et des émaux les plus beaux.

II. La *bijouterie* proprement dite ou de *riche fantaisie* produit les objets *faits à la main* tels que : les diadèmes, les peignes, les colliers, les bracelets, les broches, les épingles riches, les boucles d'oreilles, les chaînes, etc., qu'elle enrichit ordinairement de pierres précieuses et d'émaux. Tandis que la bijouterie d'art satisfait en quelque sorte au besoin, ne produit aucun objet qui n'ait une fonction à remplir, soit pour marquer les rangs hiérarchiques (couronnes et décorations), soit pour servir à la défense personnelle (épées, poignards), soit pour satisfaire un goût, une habitude (tabatières), la branche de la bijouterie dont nous parlons s'attache surtout à combler les fantaisies les plus futiles.

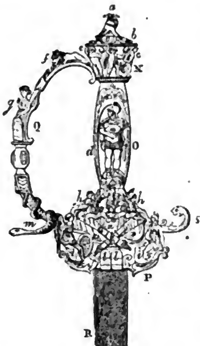
La bijouterie de fantaisie se fait à grands frais. L'artiste ne fabriquant presque jamais deux pièces semblables, on n'a point recours aux moyens mécaniques pour obtenir un bijou destiné d'ailleurs à des personnes occupant un rang élevé dans la hiérarchie sociale, et étant par conséquent en état de défrayer l'artiste de ses soins; aussi ne néglige-t-on rien pour rendre cette bijouterie aussi parfaite que possible. Elle remonte aux siècles de Louis XIII et de Louis XIV; mais alors elle était l'ornement exclusif des dames de la cour, et encore s'en faisait-il fort peu. Les orfèvres se chargeaient alors de travailler ces sortes de bijoux. Depuis cette époque, en suivant toutes les phases et toutes les modifications de la mode, en se perfectionnant aussi avec les progrès des arts et de l'industrie, en se multipliant par suite de la diffusion de l'instruction et du raffinement de la civilisation, les bijoux riches sont arrivés à constituer une branche importante de l'industrie française, qui sait le mieux satisfaire les goûts et les fantaisies gracieuses.

III. La haute bijouterie de fantaisie a engendré de nos jours la *bijouterie de consommation*, dont les produits sont devenus nécessaires aux classes moyennes de la société qui éprouvent des besoins presque aussi raffinés que les classes supérieures, sans que leur richesse soit suffisante pour leur permettre de payer chèrement leurs fantaisies.

La bijouterie de consommation fait les mêmes objets que la bijouterie de haute fantaisie; elle produit la plupart, on pourrait presque dire tous les bijoux qui se trouvent dans le commerce. C'est, par conséquent, celle qui occupe le plus grand nombre d'ouvriers dans Paris, où se font les bijoux dont les formes sont les plus variées, dont les dessins sont les plus coquets. Cette bijouterie plaît généralement, parce qu'elle est aussi *jolie* que la haute bijouterie de fantaisie, parce qu'elle fait presque autant d'effet et qu'elle est infiniment meilleur marché. La différence des prix provient de l'emploi des moyens mécaniques dans la bijouterie de consommation qui se fait à l'aide de poinçons et de matrices. Le principal désavantage qu'elle ait sur la première, c'est de ne pas livrer des produits possédés uniquement par l'acheteur. Du reste, ce n'est pas en France que se fait, en quelque sorte, la prostitution d'un modèle. Nos bijoutiers ne vendent pas un grand nombre de bijoux de même forme. Les Allemands, et surtout les Genévois, se chargent du soin lucratif de vulgariser les nouveaux modèles produits par la bijouterie parisienne. Ils font, du reste, un choix parmi ses produits; ils choisissent non pas les plus beaux bijoux, mais seulement les plus faciles à copier et à exécuter. On ne trouve ni à Genève, ni à Manheim nos très beaux modèles; et quant aux modèles simples qui sont reproduits en grand nombre, on peut voir qu'ils ont perdu presque toute leur grâce et leur légèreté. Ce n'est effectivement qu'aux dépens du bijou même que les contrefacteurs peuvent atteindre un bon marché extrême. Aussi commence-t-on à comprendre généralement qu'il vaut mieux s'adresser aux bijoutiers français qu'aux colporteurs des fabriques genévoises ou allemandes, dont les produits ont toujours une certaine ancienneté et portent un cachet de vulgarité imprimé par une mécanique grossièrement employée. Du reste avec quelques perfectionnements faciles à introduire dans la fabrication du bijou commun, les bijoutiers français arriveraient vite à faire à aussi bon marché que les Genévois, et ils feraient certainement beaucoup mieux. Quant aux Allemands, l'absence de la marque de leurs bijoux les a portés à fabriquer des bijoux à titre si bas que leur concurrence, quoiqu'active encore, devient chaque jour moins dangereuse. Les Anglais savent parfois produire de beaux bijoux; mais, en général, ils se servent d'or à bas titre, et ils donnent, à des objets dont le mérite est la grâce et la légèreté, un aspect si lourd, si matériel, que les bijoux anglais ne plaisent guère qu'en Angleterre et dans quelques-unes des colonies de la Grande-Bretagne, où les autres bijoux ne peuvent presque pas arriver à cause des droits élevés dont ils sont frappés à leur entrée.

Après les trois grandes catégories de bijoux dont nous venons de parler, nous parlerons de deux genres accessoires, le *plein* et le *creux*, et nous décrirons les procédés de fabrication d'un genre extrêmement intéressant, du *filigrane*. Enfin nous terminerons ce qui concerne les bijoux, en parcourant succinctement la *bijouterie de corail*, la *bijouterie de deuil*, la *bijouterie en faux*, etc.

Afin de bien faire comprendre les divers procédés de fabrication, nous allons prendre un exemple dans chacun des grands genres dont nous venons de parler, et expliquer comment s'obtiennent les différentes pièces qui composent chaque objet pris comme type; il n'y a que quelques variations faciles à imaginer pour passer d'un bijou à un autre.



2012.

§ 3. *Bijouterie d'art*. — La fig. 2012 représente, à l'échelle 1/4, la poignée d'une épée exécutée pour le général Mosquera, président de la république de la Nouvelle-Grenade, par MM. Rouvenat, Christofle et Cie. Voici les phases par lesquelles cette pièce doit passer pour arriver à son entier achèvement. Le procédé de fabrication que nous allons décrire est applicable à toutes les pièces de bijouterie ou d'orfèvrerie analogues.

Modelage. Le dessin étant fait, on construit une espèce de carcasse en gros fil de fer de la forme et des dimensions que doit avoir l'objet et que donne le dessin. On recouvre cette charpente de cire à modeler, et on modèle ensuite d'après le dessin avec toute la perfection possible. Ce travail d'artiste étant effectué, on laisse sécher la cire durant quelques jours, afin qu'elle durcisse assez pour que les parties qui doivent être moulées puissent, sans courir le danger d'être écrasées, supporter cette opération.

En général, on se sert du moulage pour fabriquer les parties qui constituent l'ornementation : dans la pièce actuelle, ces parties sont représentées par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l* et *m*. Ce qui reste doit être exécuté par la bijouterie ; c'est la forme, l'ajusté, la partie de précision de la pièce ; un habile ouvrier peut seul en être chargé. Les parties moulées sont ajustées, soudées et enfin ciselées sur cette sorte d'édifice qui attend ses ornements et qui constitue l'objet simple, non orné.

Moulage. Le bijoutier fait porter chez le fondeur toutes les parties destinées au moulage. Le fondeur prend l'empreinte dans du sable fin, et coule d'abord un modèle en cuivre qu'il répare avec soin, afin de donner à l'objet définitif une grande précision. Ce modèle de cuivre sert à former le moule où l'or sera coulé ; ce second moulage est beaucoup plus parfait que le premier, parce que le modèle ne peut pas s'écraser, comme le fait toujours la cire, quels que soient d'ailleurs les soins que l'on prenne. On répare les jets de la fonte, on cisèle cette fois toutes les parties fondues en or avec toute la perfection possible, et on les rapporte chez le bijoutier. Nous avons passé sous silence toutes les précautions que prend le fondeur en or, parce qu'elles se trouvent décrites avec détail à l'article FONDERIE et au mot BIJOUTIER-JOAILLIER.

Pendant le moulage des ornements, le bijoutier a fabriqué la pièce principale en suivant la marche que nous allons indiquer.

Soudage. Le milieu de la poignée, représenté par la lettre *u*, se fait en deux parties, formant chacune la moitié de la pièce ; à l'aide d'un poinçon, on leur donne la forme qu'elles doivent avoir. Les deux parties sont réunies à l'aide d'un fil de fer très fin dont on se sert pour les attacher, après avoir eu soin de mettre sur les bords intérieurs des petites parcelles ou *paillons* de soudure d'or forte *au quart*, de la dimension de deux millimètres carrés. Ces paillons sont déposés au moyen d'un petit pinceau trempé dans du borax délayé à l'eau dont on humecte toutes les parties que l'on veut souder. Après avoir fait sécher le borax au feu, on expose la pièce à la lampe en la plaçant sur une sorte de support en fil de fer. A l'aide du chalumeau, on projette la flamme sur toutes les parties de la pièce, afin de l'échauffer partout également. Lorsqu'elle a atteint une température suffisamment rouge, on aperçoit la soudure qui de l'intérieur ressort à l'extérieur, vive et brillante, et qui coule dans toutes les jointures. On laisse la pièce refroidir avec précaution, car il est essentiel de ne pas la remuer tant que la soudure est en fusion. On enlève ensuite le fil de fer et l'on déroche.

Dérochage. Le *dérochage* consiste à faire bouillir dans un *bouloir*, vase de cuivre rouge oblong muni d'une queue, de l'acide sulfurique très étendu d'eau, tandis que la pièce y est plongée. Le dérochage nettoie la pièce de l'excès de borax.

Le pommeau *o* se fabrique par le procédé que nous venons de décrire. Il s'ajuste dans la poignée au moyen d'une *douille* ou *virole*, c'est-à-dire d'un petit cylindre creux en or. La coquille P est une partie massive faite d'un morceau d'or fort qu'on appelle *plané*, et qu'on a obtenu par le moyen du laminoir. Ce plané est découpé de la forme du dessin par les procédés que nous avons décrits plus haut en parlant de la joaillerie ; il est ensuite légèrement embouti. Les ornements qui ne sont point moulés sont faits d'un morceau de lingot forgé, contourné et soudé sur la coquille. La garde Q est également faite d'un morceau de lingot en or massif, forgé et limé d'après le dessin. La partie supérieure du fourreau R est entièrement fondue ; elle est ensuite ciselée et ajustée comme les autres pièces. La partie transversale de la garde est également forgée et soudée.

Lorsque la pièce principale est faite, que la ciselure des figures, des ornements divers, des armoiries, etc., est terminée, on ajuste les parties moulées et on les soude sur chacune des pièces où elles doivent être placées. L'ouvrier vérifie avec attention toutes les soudures, tout l'ajusté de chaque partie, et lorsqu'on s'est assuré que rien ne manque, on fait dérocher le tout, et après le dérochage on met un moment à la forge pour faire évaporer toute trace d'eau. On porte, en dernier ressort, au ciseleur l'objet démonté en autant de parties qu'il a fallu en faire pour le travail fractionné. Le ciseleur répare à la lime et cisèle les soudures.

Polissage. Les parties unies ont besoin d'être *polies*, afin que les traits de la lime puissent disparaître. Le *polissage*, toujours effectué par des femmes, se fait de la manière suivante : On commence par adoucir les irrégularités à l'aide d'une pierre douce d'ardoise bien divisée. On mouille souvent la pièce à l'aide d'une éponge, afin de s'assurer que le travail se fait convenablement. Ensuite, à l'aide d'un petit morceau de bois de fusain, on frotte sur les pièces avec de la ponce en poudre fine délayée dans de l'huile de manière à former une pâte liquide. Après ce premier travail, on *dégraisse* l'ouvrage à l'aide de mie de pain rassis. Pour augmenter la beauté du poli, on se sert d'un charbon allongé mince, en bois de fusain, et on frotte avec de l'eau. Enfin, on frotte encore à l'aide d'un bois revêtu de drap avec du tripoli de Venise. Ce second travail achevé, on nettoie de nouveau ; ce second nettoyage est bien essentiel, car si on laissait du tripoli sur les pièces on risquerait d'être obligé de recommencer tout le travail. On termine le polissage par ce que l'on appelle le *passé au rouge*. On se sert pour cela de rouge à polir, obtenu par la calcination du sous-sulfate de fer que l'on étend avec un peu d'eau sur un morceau de liége. On savonne ensuite au savon blanc ; on nettoie les objets dans l'eau chaude et on les fait sécher dans de la sciure de bois fine et chaude. On essuie avec une mousseline très fine, puis avec une brosse douce à longs poils préparée au rouge sec, on donne le dernier *coup de vif* en passant cette brosse deux ou trois fois sur les pièces ; c'est ce que l'on appelle *aviver*.

Lorsque l'on veut polir l'intérieur d'un trou, d'une sertissure, d'une bague, etc., on se sert d'un écheveau de fil plus ou moins gros, selon la grandeur du trou. On frotte avec ce fil qui est imprégné des ingrédients que nous venons de décrire ; et on arrive ainsi à obtenir un poli d'un éclat éblouissant. C'est le polissage que nous avons indiqué plus haut en parlant de la joaillerie.

Mise en couleur. Quand une pièce est destinée à être *mise en couleur*, c'est-à-dire que l'on veut lui donner l'aspect de l'or fin, et non pas conserver l'*or de couleur* qui est la conséquence de l'alliage, on la recouvre entièrement de borax en poudre délayé dans l'eau, après qu'on a préparé les parties unies comme nous venons de le dire. On la fait ainsi recuire au feu de charbon ou bien au chalumeau, selon son importance, afin d'en enlever toutes les parties grasses. On déroche ensuite comme nous l'avons déjà expliqué. Après s'être assuré que toutes les parties sont suffisamment propres, on procède à la mise en couleur.

On fait un mélange de sel ordinaire, de salpêtre et d'alun ; on y ajoute une certaine quantité d'eau ; on place sur le feu, et on attend que ces ingrédients soient

fondus et forment une sorte de bouillon de couleur jaune. Alors on y verse une quantité d'acide hydrochlorique plus ou moins grande selon le poids des bijoux; puis, à l'aide d'une baguette de verre formant crochet à une de ses extrémités, on plonge rapidement dans le liquide les pièces attachées ensemble de manière à former un petit paquet avec de l'or vert en fil très fin, ou avec du fil de platine, ce qui est préférable, parce que ce dernier métal ne s'altère pas, tandis que l'autre est toujours rongé au bout de fort peu de temps. On retire de temps en temps le paquet de la *sauce* et on le trempe à chaque fois dans un vase plein d'eau chaude, afin de pouvoir observer les modifications de couleur que prend l'or. Quand on juge qu'il est arrivé à son dernier degré de pureté, ce qui exige de cinq à dix minutes, on retire les pièces et on les fait bien sécher dans de la sciure de bois chaude. Si l'opération a été bien faite, les pièces sortent de la sciure avec une teinte d'un jaune d'or fin éblouissant, car cette mise en couleur est un corrosif puissant qui enlève toutes les parties d'alliage d'argent et de cuivre qui se trouvent à la surface, et l'or fin paraît alors seul dans toute sa richesse et toute sa pureté.

Cette opération, quelque simple qu'elle paraisse, est un écueil contre lequel vient se briser la fortune d'un grand nombre de fabricants qui ne peuvent parvenir à bien mettre en couleur. La plus légère inadvertance fait manquer l'opération, et le bijou, au lieu d'atteindre la couleur vive et jaune de l'or fin, prend une teinte terne et grisâtre à laquelle on donne le nom de couleur de *terre à poêle*. Personne ne veut du bijou amené à cet état, et le bijoutier, non seulement met un retard considérable à effectuer sa livraison, mais encore il fait une perte ruineuse en façon payée inutilement aux ouvriers et en déchets causés par les différentes manipulations que nous venons d'expliquer.

L'or à bas titre vient très mal en couleur; l'aspect seul qu'il prend suffit à un œil exercé pour le faire reconnaître.

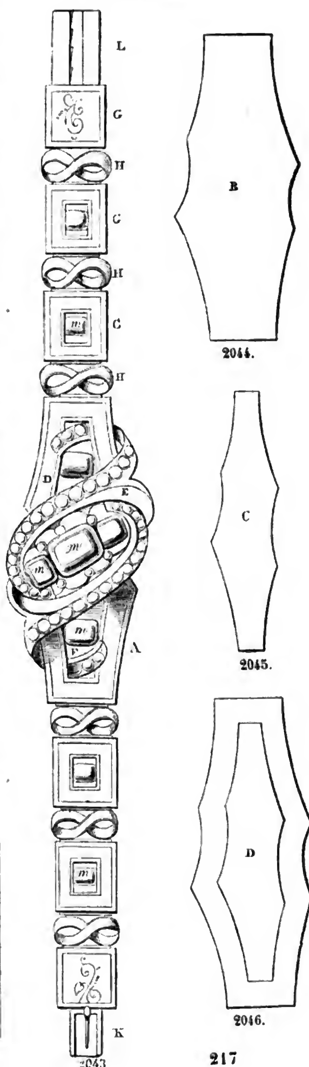
La mise en couleur des bijoux d'or diffère essentiellement, comme on voit, de celle que nous avons indiquée à l'article DORURE pour les bijoux faux et les bronzes dorés; celle-ci augmente le poids des objets, tandis que celle-là le diminue.

Assemblage. L'assemblage des pièces principales dont se compose un bijou considérable, comme l'épée que nous avons prise pour type, se fait maintenant à l'étain; il ne présente aucune difficulté. Les petits bijoux sont tout montés avant le polissage et la mise en couleur.

§ 4. *Haute bijouterie de fantaisie.* — Les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous permettront de nous étendre beaucoup moins dans les explications qu'il nous reste à donner.

La fig. 2043 représente un bracelet que nous pouvons prendre pour type de bijouterie de haute fantaisie. Il se fabrique à grands frais parce qu'on le fait seul, et que ce n'est qu'après son entier achèvement qu'on peut faire une ou plusieurs matrices pour le reproduire mécaniquement, et par conséquent à meilleur marché, en le reproduisant un grand nombre de fois comme bijou de consommation.

A, est une partie plane légèrement arrondie dans le sens de sa longueur afin de prendre la forme du bras. Cette pièce est faite de *bâtes*, c'est-à-dire que pour l'obtenir on prend un fil d'or carré qu'on lamine jusqu'à l'épaisseur d'un quart de millimètre et la largeur de 2 millimèt. environ. On contourne la feuille en mettant de champ la partie mince et lui donnant la forme extérieure B (fig. 2044). On en fait autant avec un second fil plus court que l'on lamine et contourne d'après la forme intérieure C (fig. 2045), et on réunit respectivement leurs extrémités par la soudure au quart. Les deux minces cercles d'or obtenus sont placés perpen-



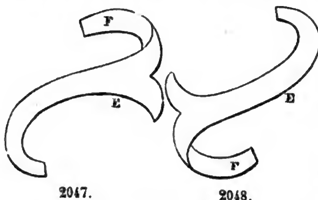
2043.

2044.

2045.

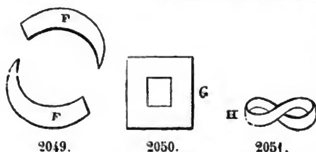
2046.

diculairement sur un fond d'or laminé de l'épaisseur d'un sixième de millimètre, mais de largeur telle que les bâtes conservent entre elles la largeur de la pièce A, quand elles seront soudées sur ce fond. Alors, à l'aide d'une petite scie et après avoir fait un petit trou ou plané pour pouvoir l'y introduire, on reperce la partie intérieure en suivant le contour de la bâte. On obtient ainsi la pièce D (fig. 2046) à laquelle on met un second fond appuyé sur le premier. Cela donne une pièce presque carrée dans tous les sens, mais cependant plus large qu'épaisse. On fait un travail semblable pour les pièces E (fig. 2047 et 2048) qui doivent terminer la



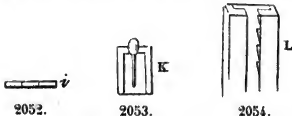
2047. 2048.

pièce du milieu, l'ornement capital du bracelet, et dont les retours F (fig. 2049) sont soudés après avoir été fabriqués d'une manière analogue. C'est aussi de cette façon que s'obtiennent les pièces G (fig. 2043 et 2050) qui constituent les ornements secondaires du bijou. Les parties H (fig. 2043 et 2051) sont des fils d'or pleins, contournés en forme de 8 et constituant la chaîne du



2049. 2050. 2051.

bracelet; elles sont réunies aux pièces A et G par une charnière *i* (fig. 2052) qui permet l'exécution du mouvement qu'on veut imprimer, soit pour fermer le bracelet, lorsqu'il est placé sur le bras, soit pour l'ouvrir, quand on veut le quitter. Les deux extrémités du bijou sont réunies par le moyen d'un fermoir qu'on appelle *cliquet*. C'est une partie K (fig. 2053) formée d'un morceau de *plané* découpé de la forme du dessin, sur lequel on soude une petite pièce, qu'on appelle pièce de pêne, parce que pour ouvrir le bracelet on appuie sur le pêne : à cet effet, la pièce K entre dans une pièce creuse L, (fig. 2043 et 2054) et par le moyen du ressort que



2052. 2053. 2054.

fait le cliquet, elle ne peut se détacher que si on appuie sur la pièce de pêne K. Les *cercles* ronds et ovales *m* (fig. 2043), sont de petites pièces laminées et contournées qu'on appelle *sertissures*, et qui sont destinées à recevoir les pierres. Elles doivent être faites en or plus ductile que celui du reste du bracelet, c'est-à-dire que, quoiqu'au même titre, elles doivent être en or allié exclusivement avec de l'argent fin. Quand les pierres ont de la valeur, ces sertissures sont en or fin, parce que le travail est plus facile pour le sertisseur, ouvrier qui ne fait que sertir et qui exerce ainsi une profession particulière. L'emploi d'un or moins ductile pourrait occasionner souvent la cassure de la pierre qu'on veut monter. Lorsque l'ouvrier a exécuté séparément les pièces dont nous venons de donner le détail, il les réunit en se guidant sur le dessin (fig. 2043).

Le travail du bijoutier proprement dit, est alors terminé, mais le bijou est loin d'être fini ; il faut qu'il passe entre les mains du graveur, du ciseleur, du sertisseur, du guillocheur, de l'émailleur. En outre, si le bijou est ce que l'on appelle en *or anglais*, c'est-à-dire si on veut lui laisser la couleur de l'alliage, on le donne à la polisseuse. S'il doit être *mis en couleur*, on lui fait subir l'opération que nous avons déjà décrite.

On doit concevoir combien est compliqué le travail d'un bijou, car toutes les opérations dont nous avons parlé sont quelquefois faites sur la même pièce, et le bijou passe dans autant de mains que nous venons d'indiquer de professions différentes. Nous avons passé rapidement sur les travaux mentionnés, parce que toutes les opérations se font comme nous l'avons dit au paragraphe 3 ; pour les soudures, on prend seulement une précaution, c'est de préserver, au moyen d'une couche d'*ocre jaune*, les parties faibles et les premières soudures contre l'action trop forte de la flamme. Avant la soudure, le bijoutier attache les pièces avec du fil de fer fin, et fait les petites soudures au chalumeau, sans quitter son établi, en mettant les objets sur un morceau de charbon.

§ 5. *Bijouterie de consommation à bon marché*.— Il est facile de comprendre qu'en fabriquant des poinçons et des matrices qui représentent les différentes pièces de bijoux que nous venons de prendre pour exemple, et en se servant des procédés d'estampage dont nous parlerons plus loin au chapitre du PLAQUÉ, on pourra reproduire à bon marché un bijou très cher. On obtiendra, en effet, en un instant, chacun des ornements détaillés plus haut, et même souvent de très grandes pièces, telles que la plaque du milieu (fig. 2043), par exemple. En réparant les pièces avec soin, les montant avec précision et surtout en se servant de matrices parfaitement gravées, on peut obtenir des bijoux comparables au type primitif, quoiqu'ils ne demandent pas la centième partie de la façon qu'il a exigée. Mais ces conditions se rencontrent rarement, et d'ailleurs on estampe à si faible épaisseur, les bijoux offrent si peu de résistance que, sous le point de vue de l'art, l'invention des procédés mécaniques est plutôt une calamité qu'un bienfait. Malgré tous les efforts de nos artistes, notre siècle se ressentira de cette faiblesse à laquelle le condamne une concurrence illimitée; il ne laissera guère d'œuvre capitale digne d'exciter l'enthousiasme ou l'admiration des siècles futurs; nos bijoux sont rarement constitués pour une longue vie.

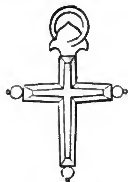
§ 6. *Bijouterie en plein*. — Cette dénomination, *le plein*, sert à désigner un genre de bijouterie dont la fabrication est actuellement fort restreinte. Elle consiste à faire, en fil d'or rond ou carré, les anneaux, les alliances, les porte-mousquetons, les anneaux brisés, etc., etc. Cette bijouterie se fait massive, polie ou en couleur, selon la mode, mais presque toujours sans gravure ni ciselure. Quelques ouvriers seulement s'occupent de cette fabrication.

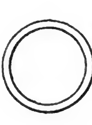
L'usage du bijou plein remonte à la plus haute antiquité. Les Grecs, les Romains, les Maures, les Mexicains, les Indiens s'en servaient pour leur parure. Le plus souvent, ainsi que nous pouvons nous en rendre

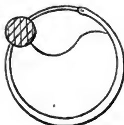
compte d'après ceux qui ont été recueillis par nos musées, les bijoux de ces temps reculés étaient bien informes. Ils ne consistaient guère d'abord qu'en un morceau d'or rond ou carré formant une bague grossière ou un anneau d'oreille, et qui n'était, sans doute, travaillé qu'au marteau, seul outil qu'on connût peut-être alors. Certains Indiens de l'Amérique du Sud font encore ainsi leurs bijoux. Ils se servent toutefois d'un bambou creux en guise de chalumeau, ce qui est déjà un perfectionnement. Sans aucun doute, ces moyens simples ont pu devenir, entre les mains d'habiles ouvriers, le moyen de produire des bijoux d'un certain mérite artistique. Mais, à quelques exceptions près, le mérite principal des bijoux consistait dans le prix de la matière ; le plus lourd était le plus estimé, au moins par le plus grand nombre des anciens consommateurs.

Plus tard, les arts et l'industrie se perfectionnant, on dut recourir à des moyens de fabrication plus ingénieux et plus en rapport avec les besoins d'une civilisation plus avancée. De là l'invention des outils perfectionnés, tels que : les filières servant à tirer le fil rond, carré ou ovale, les laminoirs écrasant la matière d'une manière parfaite et régulière, les tenailles, les bigornes, les mandrins, les dés à emboutir, etc.; puis, en marchant toujours vers la perfection industrielle, les poinçons, les estampes et les matrices qui, s'ils ne contribuent pas aux progrès de l'art absolu, aident au moins à développer et étendre la consommation.

Si l'on excepte les quelques ouvrages sortis de loin en loin des mains d'habiles orfèvres, et qui sont d'une grande beauté, l'époque du bijou un peu gracieux ne remonte pas, en Europe, à des temps bien éloignés. Il n'y a pas plus de cent ans que, hors les gens de la cour, on ne rencontrait pas d'autres bijoux que la bague (fig. 2055), l'anneau d'oreilles (fig. 2056), la croix à la Jeannette (fig. 2057) et le saint-esprit (figure 2058). La croix et le saint-esprit sont les deux symboles les plus répandus parmi le peuple chrétien,


2057.


2055.


2056.


2058.

et ce sont des bijoux d'une signification tranchée, comme tous les bijoux primitifs : comme ceux des Mexicains, des Indiens, qui portaient leurs dieux suspendus au cou ; comme aussi les bijoux des dames romaines, qui ne craignaient pas de s'orner avec des priapes et autres signes d'un caractère non moins net. Sur les anneaux et les sceaux furent, de tout temps, comme on le voit par les curiosités conservées dans les musées, enchâssées des pierres gravées ou des pierres précieuses par une sorte de sertissure analogue à celle que nous avons décrite, ou bien il y était placé des mains entrelacées, des témoignages d'amour, des dictons, des souhaits. On possède de ces sortes d'objets provenant de toutes les époques, depuis le temps des Grecs et des Romains jusqu'à nos jours.

§ 7. *De la bijouterie en creux.* Les bijoux précédents ne se firent d'abord que massifs, avec le marteau et la lime. Mais le luxe s'introduisant dans les classes inférieures de la société, et le prix trop élevé du bijou massif n'étant plus en rapport avec l'état de fortune des consommateurs de plus en plus nombreux, on sentit la nécessité de faire à meilleur marché, et c'est ce qui donna naissance au *bijou creux.* Ce bijou ne consista guère pendant longtemps qu'en la reproduction des quatre pièces désignées fig. 2055 à 2058, mais à des prix infiniment plus bas. Il y a une quarantaine d'années, cette fabrication, qui portait sur quelques autres bijoux de forme plus gracieuse et plus variée, était très considérable. Aujourd'hui, elle ne produit plus que pour les provinces de France, d'Espagne, et encore un peu pour l'Amérique. Le bijou creux a encore une certaine vogue dans les campagnes, parce qu'il est d'un bon marché fabuleux. Voici comment on le fabrique :

L'ouvrier, qu'on appelle *creusiste* dans cette partie, estampe dans une matrice deux pièces semblables ; il en ébarbe les bords à la lime, puis, afin de rendre les parties qui doivent être jointes parfaitement plates, il les passe sur une pierre dite pierre à dresser. Il remplit ensuite de soudure en limaille ou en paillon les coquilles formées, dans une proportion que l'habileté du travail indique, attache avec un fil de fer les deux coquilles et les soude à la lampe, comme il a déjà été dit. La pièce est alors remise à la polisseuse qui la termine.

Cette fabrication est celle qui prête le plus à la fraude. On a introduit beaucoup de soudure à très bas titre dans des feuilles de plané d'une minceur extrême, et on a eu des bijoux de si peu de valeur que les consommateurs n'en pouvaient plus rien tirer lorsqu'ils voulaient s'en défaire, et qu'ils ont fini par s'en dégoûter.

§ 8. *Du filigrane.* — Le bijou *filigrane*, c'est-à-dire fait en fils d'or ou d'argent, est le bijou léger par excellence ; aussi convient-il de préférence à tous les autres genres, dans les pays où l'ardeur des rayons du soleil rend insupportable l'emploi des bijoux massifs. Ses formes gracieuses et sa légèreté l'ont fait rechercher, pendant nombre d'années, dans toute l'Amérique, une partie de l'Asie et dans toutes les Antilles. Ce genre de bijou n'est point né en France, quoiqu'il y ait été fabriqué dès le sixième siècle, c'est-à-dire dès les premiers temps de l'orfèvrerie française. Ainsi, Notre-Dame de Paris possédait une grande croix en or travaillée en filigranes, offerte par Jean, duc de Berri, en 1406 (1), et qui était due à saint Éloi, le premier des argentiers de Limoges, le patron célèbre des artistes français. Les filigranes se retrouvent sur un grand nombre de monuments d'orfèvrerie sacrée appartenant à tous les siècles, depuis le sixième jusqu'au seizième, sur des reliquaires, des bustes de saints, des châsses, des croix (2). Toujours ces filigranes forment des treillis à volutes et à circonvolutions, semés de distance en distance de points circulaires ; le cercle, en repos ou en mouvement, fait tous les frais de cette décoration.

On retrouve les bijoux en filigranes chez les Maures, les Mexicains, avant la conquête de leur pays par les Espagnols. C'est le bijou des Chinois, qui paraissent ignorer qu'il existe d'autres genres, et enfin le bijou de beaucoup d'Indiens. Ces derniers, toutefois, le faisaient lourd, empâté par la soudure, hideux dans les formes.

---

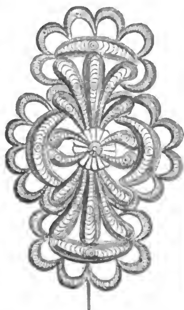
(1) Gilbert. *Description de N.-D. de Paris*, page 323.
(2) *Essai sur les argentiers et les émailleurs de Limoges*, par l'abbé Texier, page 53.

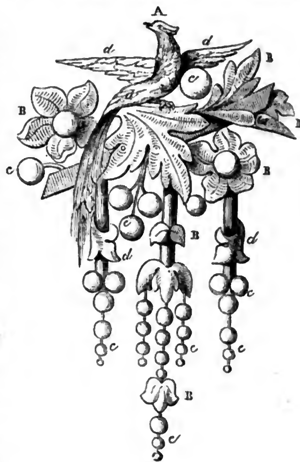
Les Chinois, au contraire, savent le fabriquer depuis bien des siècles avec une rare perfection. Le travail matériel ne laisse rien à désirer; les soudures sont parfaites, et ce n'est pas un petit mérite, car le bijou en filigranes présente beaucoup de difficultés sous ce rapport; sa légèreté est si extraordinaire, que c'est à peine si de nos jours on peut en approcher. Malhenreusement tous les bijoux chinois pèchent essentiellement par la forme, par l'ornementation, par le goût. Les Génois exécutent aussi d'une manière remarquable, sous le rapport du travail matériel, les bijoux en filigranes, mais on doit leur adresser le même reproche qu'aux Chinois, ils manquent de goût et de variété.

C'est en France que ce genre de bijoux est le mieux réussi. Au lieu de laisser le *filigrane* proprement dit faire tous les frais de l'ornementation, aussi bien que de la charpente du bijou, les artistes français ont appelé à leur aide les ornements brunis, les émaux, les ors de couleur, le guilloché, la gravure, les dessins de toute nature; aussi ils sont arrivés à embellir, à varier de tant de manières ce bijou, que partout on le préfère maintenant, quoiqu'il soit encore un peu moins léger que celui des Génois et des Chinois. Pour la bijonterie comme pour les bronzes et tous les arts d'ornement, la France est aujourd'hui le premier pays de la terre; nulle part le goût des formes, la délicatesse de la main-d'œuvre, l'élégance, la grâce et la variété des dessins, ne sont portés à un si haut degré de perfection. C'est ce qui lui donne une prépondérance marquée, et une supériorité réelle sur toutes les autres nations.

Les dessins représentés par les fig. 2059 et 2060, montrent les différences essentielles qui existent entre le filigrane français et le filigrane chinois ou génois. Longtemps on l'a fait chez nous de ce dernier genre; on l'a rendu plus séduisant en y introduisant les ornements que l'on voit fig. 2060.

Le filigrane proprement dit est un bijou dont l'ornementation, qui dans un autre genre serait faite en *plané* d'or uni ou gravé, est exécutée au moyen de deux fils d'argent ou d'or, très fins, tordus ensemble de manière à imiter une corde d'une grande ténuité. A l'œil nu, cette corde semble être un fil gravé. On contourne ce fil à l'aide de tenailles de diverses formes, et de différents autres outils que l'ouvrier invente à chaque instant, et l'on parvient à former ce travail intérieur, merveilleux par sa petitesse, dont nous plaçons deux dessins sous les yeux de nos lecteurs. Chez les Génois et chez les Chinois, l'ornementation est due uniquement à ces contournements multipliés, ainsi que le montre la broche, fig. 2059; chez nous elle est complétée par un grand nombre d'accessoires (fig. 2060). A, est un oiseau estampé en quatre parties *d*, le corps, la queue et les ailes (fig. 2064). Sur ces pièces sont ajoutées de petites parties en ors de diverses couleurs, rouge, vert, blanc et jaune; ces petites parties sont ciselées de manière à imiter les plumes; ce travail produit le plus charmant effet. Les pièces B sont toutes en filigrane proprement dit; elles sont faites séparément de la manière suivante. Nous donnerons nos explications en prenant pour exemple la feuille du centre, les autres pièces étant obtenues par le même procédé. On prend un fil que l'on contourne de manière à lui donner la forme de la feuille *d* (fig. 2061), dont on soude les extrémités. En E (fig. 2062), sont représentés de petits ornements en fil tourné que l'on place en divers sens, à l'aide d'un petit pinceau et de gomme, sur une tôle extrêmement mince, où est déjà fixé le fil *d* précédent. Quand on a ainsi bâti à plat, on fait sécher la gomme; toutes les parties adhèrent légèrement les unes aux autres. On humecte alors de borax dissous dans l'eau, et on couvre légèrement de soudure en limaille. On porte à la lampe, et on obtient une feuille qui se détache de la tôle et se trouve être à jour comme une passoire; elle est cependant assez solide, car toutes les parties étant réunies par la soudure ne forment plus qu'un seul tout. On termine en donnant le mouvement à cette feuille comme si elle était d'un seul morceau de plané, et on obtient la feuille 7 (fig. 2063). Ce travail est, comme on voit, fort minutieux, et par conséquent il demande beaucoup de temps. Ce n'est qu'après une longue habitude que l'ouvrier peut le faire à bon marché. Les pièces indiquées par la lettre *c* (fig. 2060) sont de petites boules faites au moyen de deux coquilles soudées l'une à l'autre; ces pièces sont unies et brunies. Leur éclat fait le meilleur effet à côté des parties de filigrane B, et des ors de couleur *d*. Toutes ces pièces, c'est-à-dire les quatre parties (fig. 2064) de l'oiseau A, les filigranes B, les boules *c*, sont ensuite réunies et groupées ensemble de la manière la plus avantageuse et la plus gracieuse, et comme nous l'avons expliqué, soit pour les autres bijoux, soit pour la joaillerie.


2059.

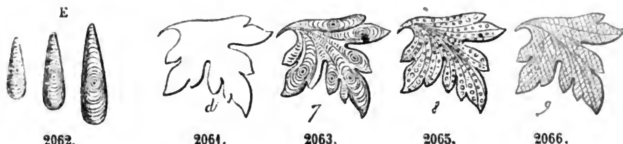


2060.

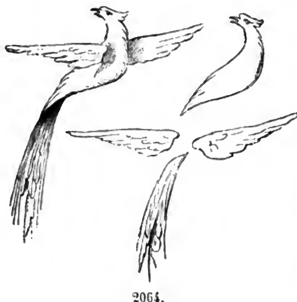
Malgré tous les avantages incontestés du filigrane français, il trouvait une rude concurrence dans le filigrane génois ou chinois. Ce dernier, à cause du bas

prix de la main d'œuvre, était vendu beaucoup meilleur marché que celui provenant de Paris, où la *façon* est très chère. Le travail mécanique, qui fait vite et a bon marché, pouvait seul rétablir la balance; il a été introduit dans la fabrication du filigrane. On commença d'abord par tourner un fil sur un petit mandrin rond; on coupa ensuite le fil placé sur le mandrin, le long d'une arête du cylindre constituant ce mandrin; il en résulta de tout petits anneaux qu'on plaça dans les feuilles, comme les ornements 8 (fig. 2065), et l'on obtint ainsi un filigrane nouveau très joli, très commode, et bien meilleur marché que le premier.

Ce genre fut très goûté pendant plusieurs années, mais on finit par s'en lasser. La nécessité de faire encore à meilleur marché, si c'était possible, donna l'idée d'employer la toile métallique. On ne faisait jusqu'alors que de la toile de cuivre; on fit de la toile d'or et d'argent, et on s'en servit pour remplacer les anneaux. Ce genre de filigrane 9 (fig. 2066) revient à meilleur marché que celui à anneaux, parce qu'un ornement, de quelque grandeur qu'il soit, est couvert en un instant par la toile, tandis que les anneaux avaient besoin d'être soudés les uns aux autres, et ensuite soudés au fil du contour; la toile n'est soudée qu'à ce dernier.



2062. 2061. 2063. 2065. 2066.



2064.

Ce genre présente pour la fabrication un tel avantage, que bien qu'il date de dix à douze ans, on l'emploie encore le plus souvent.

Le besoin toujours impérieux en France de faire du nouveau, a encore donné naissance à un genre différent des trois genres que nous venons déjà de décrire; c'est l'imitation du filigrane de Gênes, par le moyen du découpoir et de l'emporte-pièce. Ce genre revient à très bon marché, mais il faut convenir qu'il fournit des objets moins jolis que lorsque l'ouvrier peut mettre un peu de sa fantaisie et de son goût dans des produits essentiellement capricieux de forme et d'aspect.

Tous ces genres de filigrane sont sortis des ateliers de M. Christofle, qui le premier en dota l'industrie. A l'exposition de 1839, il avait exposé cinq petits oiseaux d'argent dont l'exécution était parfaite, mais avait coûté des peines infinies. Chaque oiseau, copié d'après nature sur des colibris, pesait à peine 4 grammes 1/2, c'est-à-dire que la matière ne valait que 1 fr.; la façon s'élevait pour chacun à 250 fr. Ces bijoux, contrairement à la plupart des joyaux, n'ont donc guère d'autre valeur que celle qui leur est donnée par le travail exquis de l'artiste. Pour nous, cette dernière valeur est plus précieuse que celle du plus beau diamant.

§ 9. *Bijouterie de corail.* — Quelque riche et agréable que soit la couleur du corail, son emploi dans les parures européennes et, par suite, son cours et ses débouchés sont soumis aux caprices de la mode : tantôt le commerce suffit à peine aux demandes, et tantôt les magasins sont encombrés de ce produit. Il n'y a en France que trois fabriques de corail; elles sont situées à Marseille; elles emploient 350 ouvriers, dont 225 à Marseille, 90 à Cassis et 35 à Aix. La pêche du corail se fait, comme on sait, dans les eaux de la Méditerranée, particulièrement sur les côtes d'Afrique, dans le détroit de Messine et les eaux des îles de l'Archipel; 300 bateaux montés de 3.000 marins alimentent les fabriques de Marseille. Ces marins sont tous des Italiens; autrefois c'étaient des pêcheurs des ports de Marseille et de Cassis : ces derniers ont renoncé à une industrie trop peu lucrative en présence de la concurrence que leur faisaient les pêcheurs étrangers. On se sert pour cette pêche de triangles ou de barres en fer disposées en croix, portant un filet aux extrémités de chacune des branches; au milieu de cet instrument est fixée une grosse pierre, à laquelle est attachée une corde assez longue pour qu'on puisse le promener au fond de la mer. Par ce moyen, on détache le corail de sa gangue; on le brise, et ramène les morceaux à la surface. On estime moins les coraux dont les polypes n'existent plus, et qui ont servi d'attache à plusieurs autres animaux marins. On dépouille le corail vivant de son écorce charnue, et l'on met à nu son axe pierreux; on donne ensuite à celui-ci, par des procédés mécaniques analogues à ceux usités dans la taille de toutes les pierres, la forme et le poli qu'on désire.

Les actes de la compagnie des concessions en Afrique font remonter au quinzième siècle l'établissement de l'industrie de la taille et de la mise en œuvre du corail à Marseille; ils évaluent ses produits à 5 millions de francs par an. Cette industrie avait dès lors pour rivales les fabriques de Naples. Pendant la révolution, elle tomba entièrement pour ne se relever que sous le gouvernement impérial; elle mena, sous la restauration et jusque vers 1835, une existence assez précaire. Depuis cette époque seulement, son succès paraît établi, grâce au perfectionnement des procédés apportés dans la fabrication par les deux principales maisons qui s'occupent de ce genre d'industrie, celles de M. Barbaroux de Mégy et de MM. Bœuf et Garaudy. Ces maisons fabriquent aussi bon marché que les fabriques italiennes, et leurs produits sont bien supérieurs sous le rapport du goût et de la forme.

D'après les relevés des douanes pour 1843, les fabri-

ques de Marseille ont reçu 6.654 kilogrammes de coraux bruts, réduits en coraux ouvrés à 2.352 kil.

Dont pour le commerce intérieur. . 500

Et pour l'exportation. 1.852

Les 2.352 kilogrammes de corail ouvré peuvent être évalués à. . . . . 1.470.000 fr.

Dont pour l'intérieur. 570.000

Et pour l'étranger 900.000

La bijouterie de corail se bornait autrefois à la façon des grains ronds et des olivettes; aujourd'hui les fabriques de Marseille font une foule d'objets de toute espèce, le corail perlé et le corail à facettes, les camées, les sujets de ciselure les plus variés, les objets les plus capricieux.

Les objets connus sous les noms de *grossesse, mezzanie, capiresti* et *ordini* sont des grains de différentes grosseurs enfilés et réunis en un nombre de fils plus ou moins grand. Ces objets ont leur principal débouché en Russie, où l'on en fait des colliers; en Turquie et dans le Maroc, où ils doivent nécessairement accompagner dans la tombe le musulman que ses parents croiraient sans cela livré au mauvais génie, dans l'Inde, où ils servent à compter les prières du bramine et du faquir; de là ils se répandent en Chine, où ils sont très recherchés. Madagascar offre aussi à nos fabriques un débouché important; les chefs malgaches en font leur principal ornement, soit sous forme de colliers, soit sous forme de bracelets.

Les objets connus sous le nom d'olivettes ou tuyaux de pipes, dont le nom indique suffisamment la forme, de masses pérettes, réunion de petits morceaux de corail en forme d'oursins, de massettes, petites masses de grains unis, constituent la principale exportation que nos fabriques font au Sénégal, en Guinée, dans la Gambie et dans le Brésil. L'Afrique fait aussi une grande consommation de ces objets, qui sont la parure favorite des négresses.

Les objets de fantaisie et d'art, les camées, etc., sont surtout destinés à la consommation intérieure ou au moins européenne.

§ 10. *Bijouterie et travail ou mise en œuvre des matières à faire les camées.* — Le travail et la mise en œuvre des matières à faire les camées constituent certainement une industrie importante, quand on le considère sous le point de vue de l'art; mais ses produits sont trop peu nombreux pour que nous puissions lui accorder beaucoup de place. Nous emprunterons seulement quelques détails au rapport de M. Héricart de Thury sur la dernière exposition de l'industrie. « Les anciens, dont les chefs-d'œuvre en tous genres, dit ce savant et digne appréciateur des productions à la fois industrielles et artistiques, prouvent avec quelle perfection ils exerçaient et cultivaient la statuaire et la sculpture, nous ont laissé en agates, sardoines, onyx, jaspes, nicolos, et autres pierres précieuses, des témoignages irrécusables de la haute supériorité à laquelle, dans les temps les plus reculés, était parvenue la lithoglyptique, l'art de graver les pierres dures en creux ou en relief pour en faire ces précieux camées, dans lesquels l'habileté des artistes savait profiter des accidents et des couleurs des pierres, pour produire les délicieux et charmants effets qui donnent une si haute valeur aux sujets, têtes, figures ou groupes représentés sur ces pierres, dont on voit de riches collections dans les musées de Rome, de Naples, de Paris, de Vienne, etc.

« Le prix élevé des camées, la rareté des agates onyx ou rubannées, leur dureté, la difficulté de répondre aux demandes des amateurs et des joailliers-bijoutiers, ont fait chercher, il y a déjà longtemps, les moyens d'imiter artificiellement les camées, et, après bien des tentatives, on a reconnu que la coquille marine, *le grand casque des Indes orientales*, dont le test présente des couleurs blanches, roses, jaunes, brunes, etc., était la matière la plus favorable pour la confection des camées artificiels, cette belle substance étant par sa nature assez dure pour résister au frottement.

« Cette industrie a longtemps été exploitée avec succès à Rome, qui en fournissait les collections d'amateurs et tous les bijoutiers de France, d'Angleterre et d'Allemagne.

« D'après le succès des camées de Rome, quelques essais ont été tentés en France. Les plus remarquables furent ceux des concours ouverts par l'Académie des Beaux-Arts de l'Institut, et on se rappelle qu'à la suite de l'un de ces concours l'Académie mit sous les yeux de Napoléon un grand camée de sardoine onyx le représentant en costume impérial, et qu'il en fut si satisfait qu'il ordonna que l'artiste fût dignement récompensé, et mis en état de former une école de glyptique, dans laquelle de jeunes sourds-muets apprendraient la gravure en creux et en relief sur pierres dures.

« Les guerres dans lesquelles Napoléon s'engagea, les désastres qui les suivirent, ne lui permirent malheureusement point de donner suite à ses bienveillantes et généreuses intentions. De son côté, l'Académie des Beaux-Arts ayant cessé ses concours, les essais de nos artistes furent abandonnés, et les ateliers de Rome, de Florence, de Venise et de Naples continuèrent seuls à prospérer et à répandre partout les camées. Dans ces dernières années cependant, à la demande de quelques-uns de nos premiers bijoutiers, plusieurs jeunes graveurs ont tenté de nouveaux essais, en prenant pour modèles les plus beaux camées antiques, et les succès de quelques-uns d'entre eux ayant outrepassé leurs espérances, ils ont formé des ateliers de lithoglyptique. Ainsi, et grâce aux efforts de MM. Michellini, Weiss-Muller, Lalondre, Salmsonn, etc., nous pouvons nous flatter de voir bientôt l'art de la gravure en pierres fines et pierres dures se relever parmi nous.

« Quant à la gravure des camées de coquilles, elle est aujourd'hui exercée en France avec le plus grand succès, et nous dirons même avec autant de talent et de perfection qu'en Italie. Ainsi les camées de MM. Albita-Titus, Reynaud, Lamant, Blanchet, de Grégory, Bertoux de Marseille, etc., soutiennent la comparaison avec ceux des plus habiles caméistes de Rome. » Les camées français ont, du reste, dès ce moment, un avantage marqué sur les camées romains; ils sont sensiblement moins chers. Cette modicité de prix tient à l'introduction du tour à portraits dans cette fabrication; le tour permet de pousser rapidement, et à peu de frais, les ébauches jusqu'à un point extrêmement avancé; l'artiste n'a plus que le dernier fini à donner.

§ 11. *Bijouterie en mosaïque.* — Il y a peu d'années que l'on a essayé à Paris un genre particulier de mosaïque, celui de la mosaïque fine de la bijouterie, exploitée avec tant de succès à Rome et à Florence, d'où l'on nous apportait tous ces charmants sujets d'épingles, de plaques de colliers, de broches, de boîtes, de tabatières et de tableaux. Le succès obtenu fait espérer les plus heureux résultats; il sera dû à M. Philippe, artiste mosaïste, élève de l'école de M. Belloni, de cette école que Napoléon fonda dans l'espoir de doter la France d'une industrie nouvelle, jusqu'alors l'apanage de l'Italie et surtout de Florence, où les puissants encouragements des grands-ducs de Toscane ont fait arriver la mosaïque de marqueterie à un haut degré de splendeur.

La mosaïque appliquée à la bijouterie est exploitée avec le plus grand succès par M. Morel, dont les produits ont été particulièrement remarqués à l'exposition de 1849. Cette mosaïque se fait avec de petits dés ou cubes de pierres naturelles de diverses couleurs, agates

jaspes, etc., etc., taillés et polis, ou bien avec des émaux également taillés et polis. Les cubes sont fixés dans un ciment, de manière à représenter des oiseaux, des fleurs, des fruits, des feuillages et une foule d'autres objets.

On connaît deux sortes de ciments : 1° un ciment qui durcit facilement, qui est blanc, et qui se prépare avec 1 p. de chaux éteinte et 3 p. de marbre pulvérisé, dont on fait une pâte avec de l'eau et du blanc d'œuf; 2° un ciment qui met une vingtaine de jours à durcir qui doit être employé pour les ouvrages de longue haleine, et qui se compose de 1 p. de chaux éteinte et de 3 p. de pierre travertine pulvérisée, qu'on pétrit avec de l'huile rendue siccative par de la litharge. On pratique quelques sillons dans la matière sur laquelle on veut appliquer la mosaïque, afin d'y fixer le ciment.

Les émaux sont divisés en cubes d'une grandeur proportionnée aux dimensions des objets qu'on veut produire. Ces émaux, dont on trouvera la composition chimique à l'article ÉMAIL, sont coulés sur une table de marbre; on applique par-dessus un autre marbre, de sorte que la substance se forme en gâteaux d'une épaisseur bien égale. Ces gâteaux sont polis avec de l'émeri sur une roue horizontale en plomb; ils sont ensuite divisés au moyen d'un marteau et d'une enclume d'acier appelée *taglhulo*, et qui est taillée en biseau.

§ 12. *De l'emploi des perles.* — On varie considérablement l'emploi des perles dans la bijouterie : tantôt on en fait des colliers, des bracelets, des diadèmes; tantôt on les scie en deux, et on les sertit, en les appliquant sur leur plat, de manière à former des cercles, des chiffres et autres dessins. Le commerce recherche beaucoup les perles fines; les Orientaux les estiment même plus que les diamants; mais en Europe, selon les temps, selon les lieux, la mode leur donne un prix extrêmement variable. Lorsque les perles sont grosses, sphériques, et qu'elles réfléchissent la lumière en la décomposant avec vivacité, on en fait beaucoup de cas, même en joaillerie. Malheureusement, les plus belles perles, sans qu'on en connaisse la raison, sont sujettes à perdre tout à coup le bel *orient*, c'est-à-dire la beauté de leurs reflets irisés, qui en fait tout le prix. On se sert depuis longtemps des perles artificielles que l'on fait aujourd'hui avec une telle perfection qu'il est souvent impossible à l'œil le plus exercé de distinguer les perles fausses mélangées aux perles vraies dans les parures du plus grand prix. L'abondance des perles que la mode a parfois amenées dans les toilettes a fait naître cette perfection d'imitation. On peut juger par la quantité de perles qu'on voit dans certains tableaux et portraits des quatorzième et quinzième siècles, qu'il aurait été bien difficile que les personnages représentés dans ces tableaux eussent pu réunir autant et d'aussi belles perles, si l'art n'était, dès cette époque, venu au secours des perlières naturelles d'Orient ou d'Occident, qui n'auraient jamais pu suffire à de telles exigences. Il est assez remarquable, du reste, que les Indes nous renvoient des perles naturelles en échange de nos perles artificielles de Paris. Quant aux perles, boutons, broches, etc., en verre coloré, transparent ou opalin, de toutes formes et de toutes couleurs, qui constituent la verroterie, leur fabrication, dit M. Péligot dans son rapport sur l'exposition de l'industrie autrichienne, en 1845, est, pour ainsi dire, le monopole de la Bohême, surtout à cause du bas prix fabuleux auquel elle livre ces objets. Cette fabrication, concentrée aux environs de Liebenau et de Gablonz, est alimentée par trois verreries et occupe environ 10,000 ouvriers. Malgré la prohibition qui frappe ces produits, le marché français en est approvisionné par la contrebande.

§ 13. *Des perles de roses de Turquie.* — La Turquie fait un assez grand commerce d'une composition connue sous le nom de *perles de roses*. Nous allons indiquer en peu de mots, d'après le *Manuel Roret*, comment se fait cette composition qu'il est facile d'imiter partout. Il ne s'agit que de prendre des pétales de roses fraîches, et de les piler avec soin dans un mortier de fonte bien poli, jusqu'à ce qu'elles soient bien écrasées et qu'elles forment une pâte unie. On étend cette pâte sur une tôle, et on la fait sécher à l'air. Quand la pâte est presque sèche, on la pile de nouveau avec de l'eau de rose; on répète cette opération jusqu'à ce que la pâte soit devenue très fine. Alors on lui donne la forme qu'on désire, soit avec les doigts, soit avec une machine assez semblable à celle qui sert à couper les pilules. On perfore ensuite la pâte afin de pouvoir passer un ruban dans les espèces de perles qu'on en a fabriquées. On peut aussi la mouler et en composer divers objets propres à faire des bracelets. La pâte est de nouveau séchée, et elle devient très dure. Les perles sont polies, et enfin arrosées et frottées avec de l'huile de roses qui leur donne plus d'odeur.

La pâte des feuilles de roses ainsi préparée prend une couleur noire très prononcée due à l'acide gallique qui se combine dans les roses avec le fer. On y mêle souvent, outre l'huile de roses, du storax et du musc pour rendre les perles plus odorantes. Leur couleur noire relève assez bien la couleur de la peau des femmes, c'est ce qui explique, avec leur forte odeur tant aimée des Orientaux, leur succès dans les parures.

§ 14. *Bijouterie de deuil.* — « Anciennement faite, dit le rapport du jury de l'exposition pour 1844, avec le lignite jais ou jayet, auquel on a renoncé à cause de son peu de durée et de sa friabilité, la bijouterie de deuil se fait aujourd'hui en verre noir, en émail noir, en fonte, en acier, fil de fer, etc. On compte, dans Paris, plus de quarante fabriques qui font cette bijouterie, et qui occupent ensemble plus de quatre cents ouvriers intérieurement, et au moins autant en dehors des ateliers. » Les bijoux de deuil de la fabrique parisienne, remarquables par l'élégance et le bon goût des dessins, ont obtenu un très grand succès et sont très recherchés en France et à l'étranger à raison de la modicité de leurs prix. Ils revêtent toutes les formes les plus élégantes de la bijouterie, celles de bouquets, broches, pendants d'oreilles, boucles, peignes, etc. Le verre noir taillé en cristaux, perles, plaques, etc., est monté sur de la tôle vernie et y est attaché au moyen d'un mastic qu'on ramollit par la chaleur de la lampe à esprit-de-vin.

On taille encore et polit le jayet pour quelques bijoux de deuil et pour divers ornements qui sont exportés en Espagne, en Allemagne, dans le Levant, et en Turquie. Ce travail se fait surtout à Sainte-Colombe, au moyen de meules mises en mouvement par l'eau; le centre de ces meules est uni et la circonférence raboteuse; par cette disposition, on taille et polit le jayet sur la même meule. On donne la préférence au jayet provenant d'Espagne où il est entremêlé avec le succin.

§ 15. *Du bijou doublé et du bijou doré.* — En parlant du bijou creux nous aurions pu ajouter que, depuis quelques années, on fait du bijou doublé, c'est-à-dire du bijou dont l'intérieur est en cuivre et l'extérieur en or. Ce genre de bijoux, dont les formes sont fort restreintes, se fait maintenant si mauvais, qu'il se vend à raison de 25 francs les 30 grammes, matière et façon. Cette fabrication est un malheur pour le commerce de la bijouterie, parce qu'on se sert du bijou doublé pour tromper impudemment l'acheteur; on le vend non pour ce qu'il est, mais bien pour de l'or. Cela peut jeter quelque défaveur sur le bijou français qui a acquis, sous le rapport du titre, une célébrité jusqu'à ce jour bien méritée.

La fabrication du bijou en cuivre, dit bijou doré, bien préférable au bijou doublé, et destiné d'ailleurs à satisfaire aux mêmes besoins, a fait de son côté des progrès remarquables, et s'est élevée dans ces derniers temps

à un haut degré de perfection. L'innombrable quantité de bijoux que l'on fait du même modèle permet de mettre la façon à très bas prix. C'est un immense avantage que possède cette fabrication sur celle de la bijouterie d'or. Au reste, le bijou en cuivre, quoique bon marché, revient toujours cher, en ce qu'il se détériore si facilement qu'il ne peut bientôt plus passer aux yeux les moins experts, que pour ce qu'il est.... du faux. Une bonne fabrication seule pourrait soutenir cette industrie qui, après une grande prospérité, décline rapidement, ainsi que nous l'avons dit dans les généralités où nous avons essayé de faire comprendre les catégories diverses à introduire dans la bijouterie.

SECTION III. DE L'ORFÈVRERIE.

De la description des procédés de fabrication des divers ornements faits de matières précieuses dont se parent les personnes, nous passons à l'orfèvrerie proprement dite, qui a pour fonction l'ornementation des édifices sacrés ou profanes et des habitations particulières, surtout dans les moments de pompe et de réception. Pour les édifices sacrés, l'orfèvrerie fabrique, comme le dit le moine Théophile dans son *Essai sur divers arts*, DIVERSARUM ARTIUM SCHEDULA, ouvrage qui remonte au moins au treizième siècle : « les calices, les candélabres, les encensoirs, les vases des saintes huiles, les burettes, les châsses des reliques saintes, les croix, les missels et autres objets qu'une utile nécessité réclame pour les usages de l'église, sans lesquels les divins mystères ni le service des autels ne peuvent s'accomplir. » Pour l'ornementation des palais et des édifices, l'orfèvrerie fabrique les coupes, les vases, les candélabres, etc., destinés à décorer les cheminées que et l'on donne en prix dans les courses; les miroirs, les corbeilles de mariage, qui se trouvent dans les riches boudoirs: la vaisselle plate ou montée, les couverts, les emmanchements des couteaux, les corbeilles de fruits, les théières, les plateaux, les seaux à rafraîchir, et tant d'autres objets destinés au service de la table. Nous ne pouvons pas avoir pour but, dans cet article, de décrire avec détail les procédés que suit l'orfèvre pour fabriquer tant de produits divers. Nous devons nous borner à poser des principes généraux, et à indiquer les perfectionnements nouvellement introduits dans cette industrie. Nous commencerons donc par quelques considérations générales sur la direction que nous voudrions voir prendre aux orfèvres; nous parlerons ensuite des styles trop souvent confondus, de l'emploi des nielles et des émaux trop rarement employés, et enfin de la fabrication mécanique de certains objets, fabrication tout à fait renouvelée dans ces dernières années.

§ I. *Du véritable but de l'orfèvrerie.* — Toutes les productions de l'orfèvrerie doivent être envisagées sous deux aspects bien différents, mais qu'il ne faut jamais perdre de vue dans leur appréciation. L'art et l'industrie sont ici intimement liés l'un à l'autre. Les procédés industriels doivent intervenir pour diminuer les frais de la façon de l'objet brut et permettre d'augmenter la richesse de l'ornementation. Il faut diminuer la quantité de la matière première afin de reporter un excès de valeur intrinsèque sur le travail artistique et l'employer à donner aux objets des formes élégantes et poétiques ; on doit se garder cependant de faire une économie mesquine qui consisterait à retrancher tellement sur l'or, sur l'argent, ou sur les pierres précieuses que les formes deviendraient grêles, manqueraient de solidité et finiraient par perdre un certain aspect monumental réclamé par la plupart des produits de cette industrie : on doit ajouter au prix du métal ou de la pierre, quelle que soit leur rareté, le prix du travail intelligent mille fois plus précieux.

S'il y a une industrie qui doive être jugée sous ce point de vue, c'est sans contredit celle qui a pour but unique la création d'objets de luxe devant rehausser la splendeur des temples ou des palais, la richesse d'une table, la magnificence d'un salon. Les produits des autres industries doivent être appréciés d'une manière toute différente: il faut qu'on tienne compte du rapport qui existe entre le prix de revient des objets et les usages auxquels ils sont destinés. Ce rapport est nécessairement déterminé par l'état de fortune de ceux qui peuvent en devenir les acheteurs. Vouloir juger les produits industriels ordinaires d'après l'apparence extérieure, la forme, la finesse, le dessin, c'est s'exposer à ne commettre qu'erreurs sur erreurs. Mais il n'en est plus ainsi, lorsqu'on est appelé à apprécier les riches objets que fabriquent l'orfèvre, le joaillier, le bijoutier, le graveur, le statuaire, avec les rares produits que les hommes arrachent aux entrailles de la terre. Cependant, il ne faut faire passer ces observations à l'état de règles que dans une certaine mesure; il est important que les produits de l'orfèvrerie, comme les produits de tous les arts, puissent arriver, pour ainsi dire, dans toutes classes de la société, ou soient au moins abordables par les fortunes médiocres. Mais cette sorte de diffusion des objets de cet art ne doit point s'opérer, comme cela a eu lieu jusqu'à ces dernières années, par suite de la suppression de toute la partie artistique. Les riches services de table, les ornements en or, en argent, les pierres précieuses ne doivent pas être regardés comme une sorte de caisse d'épargnes ne donnant pas d'intérêts. On conçoit toute la fausseté de cette voie prise par l'orfèvrerie, dont les produits ne procurent alors qu'une jouissance de sotte vanité : *Vous voyez que je suis riche, j'ai de l'or.* C'est, au contraire, le goût des belles formes, c'est l'élégance, la grâce, le sentiment de l'art que les produits de l'orfèvrerie doivent conserver en devenant meilleur marché, afin d'importer avec eux toutes les jouissances que leur contemplation procure dans des classes jusqu'alors déshéritées, et la diminution de valeur doit provenir d'une économie bien entendue de la matière première. C'est ainsi que l'abandon du massif pour le creux est un progrès, que l'invention du plaqué peut être un bienfait, que les nouveaux procédés de dorure et d'argenture par l'électricité peuvent rendre des services signalés, que l'estampage, le moulage, tous les procédés mécaniques empruntés aux industries d'imitation, réalisent dans l'orfèvrerie une révolution heureuse, digne de tous les encouragements des véritables amis des arts.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces considérations, à notre avis, d'une haute importance. Nous en avons dit assez pour faire comprendre le point de vue auquel l'orfèvre doit se placer. Nous terminerons en citant un seul exemple pour montrer ce que nous désirerions toujours à un degré plus ou moins prononcé dans un objet sorti des ateliers d'un orfèvre. On a pu voir à la dernière exposition une charmante coupe en agate supportée par un cep de vigne, que nous prenons au hasard parmi les objets remarquables exposés par M. Froment Meurice. Le soc n'est pas un simple pied riche par l'argent, l'or, les pierres précieuses dont il est composé; l'anse n'est point simplement une anse d'argent massif. Non, au pied de l'arbre, on distingue trois groupes : l'ivresse grossière représentée par Silène; le vin rêveur inspirant un jeune poëte ; le vin tendre se joignant à l'ivresse de l'amour pour combler les joies de deux jeunes amants. La Raison humaine, représentée par une belle et voluptueuse femme, est couchée sur l'anse ; elle se laisse endormir par les vapeurs du nectar qui s'exhalent de la coupe, enlacée qu'elle est par des amours qui montent aussi vers la source enivrante. Ainsi l'on voit, à côté d'une grande habileté de mise en œuvre, les inspirations du poëte, et cependant il y a sobriété d'ornements ; chaque groupe, chaque détail s'explique par la nature et la destination de l'objet qu'il concourt à décorer.

§ 2. *Des divers styles d'orfèvrerie.* — Le *style* en orfèvrerie, comme dans tous les arts, indique ce qui forme le trait caractéristique du goût local de chaque pays, du goût spécial de chaque époque. Il sera, d'après cette définition, inutile de nous étendre sur les divers styles rencontrés dans l'orfèvrerie des différents siècles; il suffira de dire qu'on y retrouve tous les caractères des autres arts contemporains, et surtout de l'architecture et de la décoration en général.

Dans l'orfèvrerie grecque et romaine, on retrouve la simplicité de composition, les lignes nettes et pures de l'art antique. Nos musées en offrent de nombreux modèles.

L'orfèvrerie byzantine, comme l'architecture des empereurs d'Orient, affecte des formes moins sévères, moins pures, moins classiques enfin que l'orfèvrerie antique. On y voit plus de spontanéité, de liberté et d'abandon dans les formes, moins d'étude, de calcul dans la combinaison des lignes. Mais, en revanche, une grande recherche de richesse matérielle caractérise l'orfèvrerie du *style byzantin*. On trouve à la Trésorerie d'Aix-la-Chapelle des produits de ce style, qui datent du temps de Charlemagne, et qui pourraient servir de modèle aux artistes de nos jours.

Pendant le *moyen-âge*, l'orfèvrerie brille particulièrement dans la fabrication des châsses, des reliquaires, des tabernacles, des ostensoirs, des chandeliers, des retables d'autels, des crucifix, etc. Les châsses, les tabernacles et quelquefois les reliquaires reproduisent le plus souvent les formes des églises, et suivent, par conséquent, les évolutions de l'art-matrice, l'architecture. Ainsi, jusqu'au milieu du douzième siècle et quelquefois plus tard encore, les arcatures et les baies sont en plein cintre, les figures sont très allongées, avec peu de hanches; les plis des draperies sont verticaux, roides, parallèles et serrés; les poils et les cheveux finement indiqués; les costumes ornés d'une étonnante profusion de bijoux; c'est aussi de cette manière que sont faits les principaux membres de l'architecture de ces petits monuments que représentent les châsses, les tabernacles, etc.; ils sont en outre couverts de bijoux, et on retrouve partout les quatre clous de la croix du Sauveur.

Plus tard, l'ogive remplace le plein cintre; les figures se raccourcissent; les formes un peu lourdes sont plus voisines des proportions humaines, et ce mouvement de contraction se poursuit si bien que, vers la fin du quinzième siècle, elles sont tout à fait trapues. Les figures du *style gothique*, au treizième siècle, ont des draperies très amples, des plis peu nombreux, mais affectant toujours un peu le mouvement vertical. Le faire de ces figures est beaucoup plus large que celui des figures du style byzantin.

A la *Renaissance*, l'imagination des artistes orfèvres prend un nouvel essor; de religieuse qu'elle avait été, l'orfèvrerie se fait profane. Elle étudie et cherche à reproduire les formes du style antique, mais l'habitude des riches décorations de l'art ogival des quatorzième et quinzième siecles donne à ces imitations un reflet du gothique. Les rameaux de feuillages, de fruits et de fleurs sont répandus avec profusion sur les vases, les boucliers, les poignées d'épée et de poignard, etc. Les orfèvres sont d'habiles sculpteurs; ils reproduisent les formes du corps humain avec autant de facilité et de pureté que celle des végétaux. C'est aux orfèvres que nous devons l'invention de la gravure; c'est à eux, et particulièrement à Benvenuto Cellini (1), le grand orfèvre florentin, que nous devons les progrès que fit, à cette époque, l'art du fondeur en bronze.

(1) Benvenuto Cellini nous initie dans ses mémoires à de curieux détails sur l'etat de l'art du fondeur en France et en Italie au commencement du seizième siècle; il a publié un traité de l'art du fondeur en bronze qui servit pendant fort longtemps de *vade mecum* aux gens de profession.

A partir de la Renaissance, ou plutôt du commencement du seizième siècle, l'art de l'orfèvre se décompose en plusieurs branches; la partie technologique se trouve moins intimement liée à la partie artistique. Les procédés de fabrication se perfectionnent, deviennent plus savants et réclament tous les loisirs de ceux qui s'y consacrent, et alors la composition des modèles est plus souvent l'œuvre d'artistes étrangers à la fabrication.

L'orfèvrerie a montré au dix-huitième siècle la flexibilité de sa nature en se pliant à tous les caprices du genre *rocaille*. On trouve des pièces d'orfèvrerie du temps de Louis XV, qui sont ravissantes de fantaisie et de caprice. Rien de régulier; les formes les plus anti-géométriques possibles; les lignes, les surfaces ondulées, contournées, insaisissables, indescriptibles.

Aujourd'hui, l'orfèvrerie, obéissant comme toujours aux dictées de l'architecture, affecte successivement tous les styles du passé, et même bien des styles bâtards complétement inconnus de nos pères, et que nous serions fort heureux de ne pas connaître davantage.

§ 3. *Des nielles.* — L'art de nieller, dit M. Vitet (*Études sur les beaux-arts*, t. I, p. 256), qui était fort en usage durant tout le moyen-âge, mais qui fut abandonné vers le temps de Louis X, consistait à étendre dans les tailles d'une gravure exécutée sur l'or et sur l'argent une composition métallique, espèce d'émail noirâtre, appelé en latin, à cause de sa couleur, *nigellum*, et en italien *niello*; cet émail, qu'on fixait en le mettant en fusion, était ensuite poli avec le reste du métal. L'argent et l'or devenaient brillants dans toutes les parties que le burin n'avait pas entamées; partout, au contraire, où il avait tracé le moindre sillon, le nielle en remplissait le creux, et par sa couleur noire faisait ressortir vivement le dessin de la gravure, ce qui produisait à peu près le même effet qu'un dessin au crayon noir tracé sur vélin. La niellure était employée pour exécuter des arabesques et autres ornements délicats; on s'en servait aussi pour faire des portraits ou même de petites compositions historiques dans des proportions qui n'excédaient pas celles de nos miniatures. Ces espèces de médailles étaient ensuite incrustées sur des calices, sur des reliquaires ou sur des couvertures de livres d'autel; on en décorait aussi des meubles et des bijoux. »

Les recettes pour pratiquer le nielle étaient connues avant le treizième siècle (1); au seizième, elles cessèrent d'être pratiquées. Après avoir été oubliée pendant trois siècles, la niellure vient de revenir à la mode; du moins c'est par un procédé analogue à celui des anciens nielleurs que se fabriquent aujourd'hui, à Paris et à Genève, certains bijoux ornés d'arabesques niellées, et particulièrement des montres, des tabatières, des boîtes à odeur, des bracelets et des épingles. Ce n'est qu'en 1830 que, grâce au prix proposé par la Société d'encouragement, cette ornementation pratiquée depuis quelque temps en Russie, fut introduite en France par MM. Wagner et Mention. Contrairement à la méthode ancienne, les gravures sur l'argent ou l'or sont pratiquées par des procédés mécaniques; on obtient des niellures bon marché, mais qui n'ont pas la variété, la fantaisie de l'antique.

On grave le dessin sur une plaque d'acier, on la trempe et on tire sur une plaque d'acier adouci au moyen de la pression du laminoir une épreuve en relief.

(1) Ces recettes se trouvent décrites avec détail dans l'ouvrage du moine Théophile, ouvrage que nous avons cité plus haut page 2971, et qui remonte au moins au treizième siècle. L'émail dont elles donnent la composition est composé des mêmes éléments que celui dont nous parlons ci-après, et n'en diffère que par les proportions, qui étaient de 6 parties d'argent, 2 p. de cuivre et 1 p. de plomb, avec une quantité de soufre suffisante.

Cette seconde plaque d'acier sert à imprimer sur l'argent le dessin en creux.

Le nielle est composé de 38 parties d'argent, 72 de cuivre, 50 de plomb, 36 de borax et 384 de soufre. On fond le soufre dans une cornue, l'argent et le cuivre dans un creuset, et on introduit le tout dans la cornue que l'on bouche exactement pour éviter l'inflammation du soufre; on ajoute le borax; quand il ne se dégage plus de vapeurs dans le col de la cornue, on verse la matière dans un creuset de fer, on la pulvérise et on la lave d'abord avec de l'eau renfermant un peu de sel ammoniac et ensuite avec de l'eau légèrement gommée. On applique le nielle, au moyen d'une spatule, sur la plaque préparée et on la porte à la moufle; aussitôt que le mélange est bien fondu sans soufflures, on retire la pièce du feu et on la polit; le métal reste à nu et les parties ombrées sont en émail dont la teinte opposée à celle de l'argent ou de l'or produit des effets remarquables.

§ 4. *De l'emploi des émaux.* — On doit distinguer dans l'application des émaux à l'orfèvrerie trois manières correspondant à trois époques bien distinctes : 1° *Émaux incrustés*, ou sortes de mosaïques dont les diverses parties au lieu d'être réunies à froid, étaient fondues et coulées par juxtà-position du septième ou quatorzième siècle (1330); 2° *Émaux en apprêt*, ou coloration très superficielle du métal par les émaux du quatorzième à la fin du quinzième siècle (1330 à 1470); 3° *peinture en émail* sur émail cru, depuis la fin du quinzième siècle jusqu'à nos jours.

Nous extrairons les détails que nous allons donner sur ces trois manières d'appliquer les émaux à l'excellent mémoire de l'abbé Texier sur les argentiers et les émailleurs de Limoges (*Mémoires de la Société des Antiquaires de l'Ouest*, 1845). On sait que Limoges, où travaillait saint Eloi, est un des principaux et peut-être le premier des anciens centres de l'orfèvrerie française; Montpellier vient ensuite d'une manière incontestable; il a été prouvé en outre que Noyon et Rouen ont possédé d'importantes corporations d'orfèvres; enfin on ne saurait oublier Paris, car la capitale de la France a toujours été pour les arts un foyer d'activité pivotale.

Dans la première période l'émail était employé à l'embellissement des hanaps, burettes, aiguières, bagues, agrafes, colliers, poignées d'épées, couteaux, casques, boucliers, bahuts, fermoirs et couvertures de livres. Mais dans ces temps de primitive ferveur, il embellit surtout les instruments du culte et de la liturgie, calices, dyptiques, tombeaux, paix, navettes, candélabres, encensoirs, suspensoirs, retables, mitres, crosses, inscriptions votives, et principalement les reliquaires qui conservaient les ossements des fidèles honorés d'un culte public.

On le mit en œuvre de trois manières : comme fond de couleur encadrant des dessins gravés ou en relief; comme élément coloré destiné à former des ornements ou des figures; comme revêtement des figures en relief pour leur donner la valeur des sculptures coloriées de l'antiquité. L'émail se prêtant difficilement à se modeler sur les saillies et sur les creux de la ciselure, la dernière mise en œuvre fut plus restreinte et moins heureuse. Dans les deux premiers cas, des creux pratiqués presque toujours dans le cuivre reçoivent une incrustation d'émail dont l'épaisseur varie de 1 à 6 millimètres. Le métal, lorsqu'il vient affleurer à la surface, est doré. Le burin y a creusé des dessins représentant des figures isolées encadrées par des ornements d'architecture, et plus rarement des scènes composées. Les figurines en demi ronde-bosse remplacent souvent les dessins creusés dans le métal. Ces fonds monochromes en émail sont habituellement de couleur bleue.

Si l'émail est employé comme élément de peinture, un trait de cuivre doré vient affleurer à la surface, et forme les linéaments principaux du dessin, les contours et les tiges des fleurs, le trait des figures et les lignes principales de l'architecture et de l'ornementation. Dans les creux du cuivre, et sans en dépasser les parties ménagées, sont incrustés des émaux diversement colorés, et la juxta-position de leurs teintes forme le fond de couleur des figures, dont le trait est tracé par des saillies de métal à fleur de paroi.

Voici maintenant la technique de l'incrustation : le cuivre, préalablement dressé, poli et creusé avec des burins plats, des ciselets et des échoppes, recevait les pâtes liées au moyen d'un liquide glutineux. Mais certains émaux étant plus facilement vitrifiables que d'autres, ils n'étaient réunis et placés qu'en dernier lieu; des incrustations de calcaire, destinées à disparaître plus tard, réservaient leur place. A ces coulées successives ou simultanées succédait un polissage à la meule. Enfin la dorure était appliquée. La température nécessaire pour fixer l'or étant moins élevée que la température à laquelle se fondait l'émail, les incrustations n'avaient pas à souffrir de cette exposition au dernier feu.

« La pratique de cet art, qui donnait aux instruments du culte des couleurs inaltérables et un éclat éternel, est elle à jamais perdue? s'écrie l'abbé Texier, faudra-t-il nous contenter toujours de cet éclat éphémère de l'orfèvrerie moderne, plusieurs fois renouvelé dans le cours d'une année? Nous avons l'espoir d'assister à la résurrection d'un art important. » Puisse le court extrait que nous venons de donner hâter ce moment!

Dans la seconde époque, l'époque de transition, les couleurs émaillées sont étendues immédiatement sur le métal par le pinceau, et n'y sont retenues que par la fonte, qui détermine l'adhérence. Le métal ne joue plus un rôle dans la composition; il sert seulement au même usage que le bois, le parchemin et la toile pour les peintures en miniature et à l'huile. Le caractère principal de ces *émaux en apprêt ou en plein* consiste dans l'absence des demi-teintes, dans la translucidité de l'émail qui permet le plus souvent d'entrevoir le métal, dans la rareté des ombres superposées à cette peinture du premier jet, et qui ne se rencontrent guère que dans les carnations pâles et légèrement vitrées; ces peintures sont en outre émaillées au revers.

A la fin du quinzième siècle, eut lieu un autre changement qui facilita beaucoup le travail des peintres émailleurs, mais qui diminua l'éclat de leurs œuvres; ils ajoutèrent un fond d'émail blanc entre la peinture et le métal.

Au seizième siècle, il y a mélange de cette méthode avec celle de l'incrustation; aussi les draperies sont émaillées en plein par parties, mais il y a voisinage de couleurs franches et de couleurs superposées. L'emploi sage et combiné des deux manières caractérise les maîtres de cette époque, et c'est là la cause de la finesse du dessin dans les fonds et les chairs, et d'autre part de l'éclat chatoyant et changeant des draperies violettes, rouges, vertes et bleues.

Au dix-huitième siècle, et de nos jours, il n'y a plus que peinture d'émail sur fond d'émail; la technique est la même que celle de la peinture sur verre; nous ne devons donc pas nous y arrêter.

§ 5. *De l'argent employé dans l'orfèvrerie.* — Depuis assez longtemps la rareté de l'or a conduit à n'employer ce métal que très exceptionnellement dans l'orfèvrerie proprement dite, c'est-à-dire qu'il concourt seulement, comme le font les pierres précieuses, les nielles et les émaux, à la décoration générale des pièces. L'orfèvrerie d'or se borne à la fabrication de peu d'objets; presque tout l'or (je ne parle pas de celui qui est à l'état de dorure), mis en œuvre par l'industrie, est employé dans la bijouterie. Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit dans la 2° section de notre article. Nous

nous occuperons seulement ici de l'orfèvrerie d'argent.

Quelques chiffres feront comprendre les rapports existant entre les proportions d'or et d'argent employées par l'orfèvrerie, la bijouterie et la joaillerie. « Le bureau de garantie, dit M. Denière dans son rapport sur cette partie de l'exposition de 1844, indique, en moyenne, pour chaque année, depuis la dernière exposition, c'est-à-dire depuis cinq ans, un poids de matières fabriquées s'élevant :

Pour l'or, à.	4.292 kilogr.
Pour l'argent, à.	64.082 —
Soit, en France, pour l'or. . .	12.489.720 fr.
— pour l'argent. .	14 226.204
Total. . . .	26.715.924 fr.

« Cette somme exprime la valeur de l'or et de l'argent employés dans l'orfèvrerie, la bijouterie et la joaillerie; ajoutant autant pour la main-d'œuvre, et c'est l'apprécier au-dessous de la valeur, lorsque l'on considère le nombre des ouvriers employés dans ces industries, et que l'on fait la part des bénéfices des commerçants, nous trouvons 53.431.848 fr.

« La perception du bureau de garantie, à raison de ces produits, est annuellement de 1.500.000 fr. »

Il est curieux de rapprocher de ces chiffres, qui établissent l'importance de la fabrication annuelle, ceux qui expriment celle du commerce avec l'étranger. Les états des douanes donnent les renseignements suivants, pour 1843; ces chiffres se reproduisent à peu près les mêmes depuis nombre d'années :

	Importation.	Exportation.	Différence.
Or ouvré. . .	1.007.571f	8.566.947f	7.559.376f
Argent ouvré.	222.874	1.782.612	1.559.738

L'excédant de l'exportation sur l'importation, tant en or qu'en argent ouvré, est donc de 9.119.114 fr., ou le sixième de la production précitée, 54.000.000 fr. environ, et la consommation intérieure les 5/6 de cette même quantité, ou 44.000.000 fr.

D'autre part, la France a reçu :

En minerai d'or.	3.083.070 fr.
En or brut ou monnayé. . .	10.038.027
En argent brut ou monnayé. .	157.531.555
En cendres et regrets d'orfèvre.	12.358.740

On voit que, malgré l'importance de notre commerce d'exportation, nous sommes extrêmement loin de rendre en or ou argent ouvrés l'équivalent de l'or ou de l'argent brut que nous recevons. On doit en conclure qu'il tend à se faire, en France, une accumulation considérable d'or, et surtout d'argent métallique. Ce fait a principalement pour cause l'état de la législation, qui favorise l'importation en France des métaux précieux et empêche l'exportation des lingots. Il doit résulter d'un pareil état de choses, qui se maintient depuis longtemps, une accumulation d'argent qui tend à diminuer la valeur de ce métal en France. Cette accumulation tend à rompre l'équilibre qui doit exister pour la répartition de toute matière précieuse dans le monde entier. Il faut bien, il est vrai, que la France qui ne produit pas d'argent en reçoive une assez grande quantité; mais ce qu'elle reçoit est hors de toute proportion avec la production totale du monde, s'élevant à 1.250.000k, valant environ 275.000.000 fr. seulement.

L'argent employé dans l'orfèvrerie est au titre n° 1, c'est-à-dire à 950 millièmes, ou au titre n° 2, c'est-à-dire à 800 millièmes. L'orfèvre prépare son argent avec l'argent fin, comme il prépare son or. Les soudures dont il se sert sont fortes ou faibles, c'est-à-dire qu'elles sont peu ou assez fusibles; elles sont au huit, au six, au quart et au tiers, c'est-à-dire qu'elles contiennent un huitième, un sixième, un quart ou un tiers de cuivre rouge, et le reste en argent; plus il y a de cuivre, plus la soudure est fusible.

On emploie aussi quelques autres soudures dont voici les formules :

Argent, 2 parties; bronze, 1 p. On ne laisse pas longtemps en fusion.

Argent, 4 parties; bronze, 3 p.; arsenic, 1/4. On coule aussitôt la fusion.

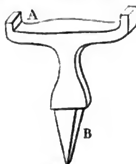
Argent, 2 parties; clinquant, 1 p.; arsenic, 1/2.

Argent, 1 partie; bronze, 1 p. Quand la fusion est opérée, on ajoute 1 partie d'arsenic. On brasse, et un instant après on coule.

Quand la soudure est coulée, on la bat bien mince et on la coupe en paillettes.

Ce qui constitue la supériorité de l'orfèvrerie française sur l'orfèvrerie étrangère, ce n'est pas seulement sa forme, son dessin, son exécution. Il existe, par exemple, en Allemagne des orfèvres d'un grand mérite, produisant des œuvres fort remarquables. La supériorité commerciale de l'orfèvrerie française provient de la marque appliquée par le bureau de garantie. En Allemagne, il n'existe point de poinçon de garantie, ni d'essayeurs ayant mission de vérifier le titre des objets, quoique des titres, à peu près les mêmes que les nôtres, soient déterminés par les lois. Aussi quelle anarchie règne dans les transactions commerciales! On est constamment trompé; les objets fourrés ne sont pas rares, et on vend, comme de l'or ou comme de l'argent, des alliages qui contiennent à peine ce qu'il faut de ces métaux précieux, pour donner passagèrement aux objets un aspect mensonger.

§ 6. *De l'orfèvrerie d'art.* — L'orfèvrerie d'art, c'est-à-dire celle qui a pour but la fabrication des pièces d'ornementation exceptionnelle, de quelque riche coupe destinée à être donnée en cadeau ou en prix, d'un service de table sortant des modèles ordinaires; cette orfèvrerie seule fabrique encore par les procédés anciens, qui du moyen-âge sont arrivés jusqu'à nos jours. La charpente des pièces est, le plus souvent, tout entière forgée au marteau et à la main; les moyens mécaniques ne sont employés que pour les parties rentrant par leur nature dans la fabrication ordinaire. L'ornementation est fondue, moulée, et ensuite ciselée. Les procédés sont tout à fait analogues à ceux décrits au paragraphe de la bijouterie d'art. Seulement comme les parties creuses sont beaucoup plus considérables que dans la bijouterie, on emploie la *retreinte* pour les produire, comme on fait dans la chaudronnerie. La bigorne (figure 2067), sorte d'enclume dont les extrémités A prennent diverses formes, et qui pénètre par la pointe B dans un des trous du billot sur lequel l'orfèvre assujettit aussi ses tas, est alors l'instrument dont on se sert pour obtenir le ventre d'un calice, par exemple, et y former des côtes planes ou rondes. Avant l'invention de la bigorne, on remplissait les pièces obtenues par la fonte avec de la cire, et on les battait ensuite.



2067.

§ 7. *De la vaisselle plate et montée.* — Il n'y a pas longtemps, les doyens de l'orfèvrerie s'en souviennent encore, l'orfèvre fabriquait ainsi que nous venons de dire, entièrement de sa main, et tout seul, avec le lingot que lui remettait le fondeur, en se servant à peine du laminoir pour obtenir du plané, toute la vaisselle plate ou montée, tous les objets de son ressort, et dont nous avons déjà donné la liste.

Aujourd'hui le laminage et l'estampage, le repoussage au tour, c'est-à-tous dire les moyens mécaniques

employés dans la fabrication du plaqué, et dont nous parlerons bientôt, ont passé de l'atelier du plaqueur dans celui de l'orfèvre intelligent, qui a eu l'esprit d'appeler à l'aide de son art le perfectionnement de l'*industrie*.

Pour fabriquer une assiette, un plateau, ou tout autre vase, on prend une plaque laminée sur laquelle on trace au compas la partie dont on a besoin ; on découpe avec des cisailles et on soude la moulure. Cette moulure se fait ou bien au tour, pour une assiette, par exemple, en enlevant avec des rifloirs les filets qui doivent la constituer, ou bien à l'aide d'une sorte de filière qui porte le nom de boîte à tirer. Cette boîte est formée d'une masse de fer cubique, dans laquelle on a pratiqué les ouvertures nécessaires pour le travail et pour y introduire les billes à moulure. Le fond de cette boîte, sur lequel reposent les billes, est une plaque d'acier trempé et bien poli. Les billes à moulure sont pareillement en acier trempé et poli. Sur ces billes sont gravées les diverses moulures dont on peut avoir besoin. Elles sont fixées dans la boîte à la place convenable pour le travail, par deux fortes vis qui les pressent contre la plaque d'acier unie et polie. Quand la moulure a été tirée ou tournée, on la place sur le plat et on la soude à la lampe avec de la soudure au quart. On ébarbe, c'est-à-dire on enlève du bord tout ce qui reste de la moulure à l'aide d'un burin. On donne alors au planeur qui forme le marli, c'est-à-dire la partie de la matière qui borde la moulure en dedans du plat, sur un tas poli, avec un marteau poli non plus tenu à la main comme autrefois, mais guidé et mû comme un martinet. Le planeur renvoie à l'orfèvre qui, à l'aide de burins, d'échoppes, de rifloirs, répare la moulure ; c'est maintenant le travail le plus long et le plus coûteux. La polisseuse polit ensuite, d'abord avec la pierre à polir, ensuite avec de la pierre-ponce broyée à l'huile et de petits morceaux de bois. Après avoir bien essuyé son travail avec des linges, elle termine en se servant de la pierre ponce délayée dans l'eau-de-vie, qu'elle passe en frottant fortement, soit avec une brosse, soit avec une peau de chamois imbibée de cette sorte de pâte. Le planeur termine en formant le fond du plat ou de l'assiette à la profondeur convenable, au moyen de tas et de marteaux polis destinés à cet usage. Le travail du planeur donne aux pièces leur sonorité et leur éclat.

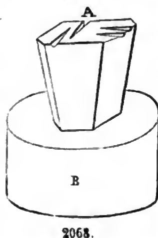
Les soupières, les cafetières, les réchauds, etc., sont estampés ou faits au tour sur des mandrins en bois, en recuisant autant de fois qu'il est nécessaire à cause de l'état de récroui que prend la matière ; nous entrerons plus loin dans quelques détails sur ce travail. Des *bâtes* sont soudées pour soutenir les bords des ouvertures et toutes les parties qui ont besoin d'être renforcées. Les anses, les pieds, tous les ornements moulés et ciselés, sont ensuite soudés ou attachés avec des écrous.

§ 8. *De la fabrication des couverts.* — La fabrication des couverts a pris en France un très grand développement ; les orfèvres qui l'exploitent prennent le nom de *cuilléristes*. Deux fois en cinquante ans cette fabrication a changé complètement de face. Nous allons entrer, à cette occasion, dans quelques détails historiques et pratiques qui, nous l'espérons, auront quelque intérêt :

Les cuillères et les fourchettes sont encore aujourd'hui des meubles presque inconnus dans une grande partie de l'Orient. Les Chinois mangent avec deux petits bâtons ; les Turcs, les Arabes, tous les Musulmans mangent avec leurs doigts. On en faisait autant en Europe pendant presque tout le moyen-âge. Aussi les aiguières et les bassins étaient-ils d'un usage assez général, et était-ce par la confection de ce genre de meubles que les orfèvres profanes du moyen-âge préludaient aux travaux qui ont illustré leurs successeurs de la Renaissance. Cependant, à la fin du dixième siècle, Pierre d'Armens raconte, avec l'accent de l'homme indigné, que la sœur d'un empereur d'Orient, qui avait épousé un des fils de Pierre d'Orséole, doge de Venise en 991, au lieu de manger avec les doigts, employait de petites fourches et des cuillères dorées pour porter les aliments à sa bouche, luxe insensé, dit-il, qui appela le courroux du ciel sur elle et sur son mari.

Les cuillères furent assez facilement adoptées ; elles étaient le plus souvent en bois ou en corne ; lorsqu'on les faisait en or ou en argent, c'étaient de véritables œuvres d'art qu'on entreprenait, ainsi que l'on peut le voir par les quelques cuillères qui sont parvenues jusqu'à nos jours. L'usage de la fourchette, au contraire, fut lent à s'établir ; nous ignorons à quelle époque il s'introduisit en France, mais il est probable qu'au commencement du dix-septième siècle, la fourchette était encore un ustensile rarement employé, car un auteur anglais, Tom Coryat, dans son « *Crudités avalées* à la hâte pendant un voyage de cinq mois en France, en Savoie et en Italie, etc. », ouvrage publié en 1611, mentionne une coutume qu'il dit être générale en Italie, celle de se servir d'une fourchette pour manger la viande. Tom Coryat ne dit pas qu'il ait observé la même coutume en France ; mais cet usage s'introduisit sans doute dans ce pays avec celui des verres à boire de Venise, vers la fin du quinzième siècle ; il n'était pas encore général au commencement du dix-septième. Tom Coryat voulut continuer les coutumes italiennes à son retour dans son pays ; il fut raillé par ses amis qui le désignèrent sous le nom de *Furcifer*.

Aujourd'hui la fourchette que nous employons en France se rencontre à peine sur quelques tables de grands seigneurs en Allemagne et en Angleterre. Dans ces deux pays, on se sert d'une petite fourche plutôt que d'une fourchette ; cette fourche est en acier et se trouve emmanchée comme sont nos couteaux dans des manches en bois, en corne, en ivoire. Elle n'a que deux ou au plus trois dents, et une largeur qui est environ la moitié de celle de la fourchette en argent si répandue en France.



2068.

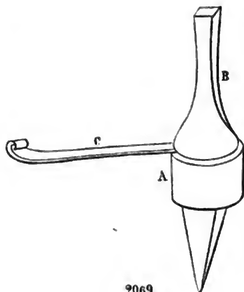
A la fin du siècle dernier les couverts étaient entièrement forgés à la main au moyen du marteau, la pièce étant posée sur une étampe (figure 2068), sorte de tas, A, entrant par une pointe dans le billot B. Le cuilleron des cuillères, c'est-à-dire leur partie concave, était cambré sur une autre étampe A (fig. 2069) au moyen d'un poinçon B, sur lequel on frappait pour agir sur la cuillère C. Les filets s'exécutent avec des échoppes et augmentent notablement les prix des couverts.

Au commencement de ce siècle, l'usage des couverts se répandant de plus en plus et pénétrant dans presque toutes les classes de la société, cette fabrication manuelle devient mécanique, afin d'introduire une économie dans la façon.

Trois opérations successives constituent la fabrication des couverts jusqu'en 1840 : 1° le découpage du lingot, qui se fait à la cisaille dans la feuille au titre où le dessin a été fait d'après un patron en papier ; 2° le forgeage du lingot, opération qui a pour objet de lui donner, à l'aide du travail au marteau, les formes générales et les dimensions approchées en longueur et en épaisseur que doit avoir la pièce à fabriquer ; cette opération s'appelle la préparation ; 3° la pièce ainsi préparée est placée sous un balancier analogue au balancier monétaire, qui

porte à la place du coin une matrice représentant les formes exactes et même les ornements de l'objet qu'on veut obtenir. La presse agit par percussion comme la presse monétaire. Les pièces ressortent presque complétement finies ; il ne reste plus qu'à ébarber, c'est-à-dire à enlever avec une lime le superflu de l'argent repoussé par la pression, et, si c'est une fourchette, à découper les dents. Cette opération s'appelle la perfection.

Cette méthode a reçu, en 1840, dans les ateliers de M. Denière, une modification profonde, provenant de

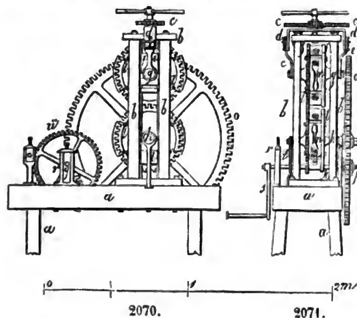


2069.

l'application des derniers perfectionnements introduits dans l'industrie générale des métaux, perfectionnements que les orfèvres ont été lents à vouloir accepter. Les premières tentatives de cette modification remontent, du reste, à assez loin, à l'année 1817. Jalabert prit alors un brevet d'invention, ayant pour objet de remplacer par un laminage l'opération de perfection se faisant par la presse monétaire. L'équipage breveté se composait (tome XXV *Des Brevets expirés*, p. 11) de deux cylindres d'un assez grand diamètre, *g* et *h* (figure 2071), dont chacun portait une matrice *n*, qui y était fixée par des écrous, et qui représentait par une gravure en creux la forme de la pièce à obtenir. On découpait cette pièce par la méthode ordinaire, mais la façon de perfection se donnait par le laminoir (figures 2070 et 2071), mû par une manivelle *s* faisant tourner un pignon, celui-ci une roue, et le pignon de cette dernière une grande roue conduisant le cylindre *h*, qui à son tour entraîne le cylindre *g*. Le laminoir est serré à diverses épaisseurs par l'engrenage *c*. Les diverses roues *p* et *o*, que l'on a même multipliées depuis, sont destinées à faire disparaître une certaine ondulation produite dans les couverts par suite de l'inégale résistance du métal refoulé à des épaisseurs inégales. Jalabert employait des matrices mobiles, en sorte qu'une des difficultés du service de la machine était d'assurer leur fixité sur les cylindres et l'exactitude de leur rencontre au moment de la pression. Une note qui accompagne la description du brevet Jalabert constate qu'avant lui on avait essayé des matrices fixes.

Quels que fussent les avantages qui semblaient attachés à cette machine, elle ne se répandit pas et tomba dans l'oubli ; en sorte que l'ancienne méthode avait prévalu, lorsqu'en 1839 un nouvel essai de laminoir fut fait dans l'usine de M. Daru, essai ayant pour but, cette fois, la substitution de la préparation au laminage à l'ancienne et défectueuse préparation au marteau. C'est l'année suivante, en 1840, que M. Denière prit un brevet d'importation en France, pour le procédé breveté en Belgique par M. Allard, procédé consistant à n'employer que le laminoir pour toutes les opérations. Ce brevet a été l'année dernière déclaré déchu, par jugement du tribunal de première instance de Paris, pour insuffisance de description. Nous pouvons donc indiquer complétement, quoique d'une manière succincte, toute la série des opérations.

On commence par présenter la feuille d'argent, laminée à épaisseur convenable, à un découpoir muni d'une emporte-pièce, qui par son mouvement de va-et-vient y découpe autant de pièces, ou éléments primitifs de couverts, qu'il est possible. On soumet ces pièces à un recuit dans un four à réverbère, où elles sont portées au rouge sombre sans que l'alliage de cuivre soit exposé à s'oxyder. Ensuite on les soumet à des pressions successives, données sous deux paires de cylindres placées dans une machine analogue à celle de Jalabert (fig. 2071). Ces deux paires de cylindres sont inégalement rapprochées, parce que la matière va en s'allongeant et en s'aplatissant ; on presse d'abord dans le laminoir le moins rapproché, ensuite dans le plus serré. Les cylindres sont eux-mêmes les matrices, car on a renoncé aux matrices mobiles, assez mal imaginées par Jalabert. Ces cylindres ont au plus un décimètre de diamètre ; ils sont gravés d'après une règle indiquée au graveur par les dimensions respectives des diverses parties de la fourchette et de la cuillère, et par la malléabilité plus ou moins grande de la matière. Ainsi les gravures des cylindres préparatoires ne seront pas les mêmes pour des couverts en argent ou pour des couverts en maillechort. Pour rendre la pression successive sans altérer la qualité du métal, on alterne les passes avec les recuits dans le four à réverbère, et, après chaque exposition au feu, on fait subir aux pièces une espèce de trempe par leur immersion dans l'eau froide. En sortant de la préparation et après un nouveau recuit, on passe les pièces sous les cylindres finisseurs, qui sont gravés de manière à donner le couvert simple, ou bien le couvert avec filet, ou bien encore le couvert enrichi d'ornements riches. Il ne reste plus alors qu'à ébarber à la lime, qu'à découper les dents de la fourchette au moyen d'un découpoir spécial, à emboutir le cuilleron de la cuillère, et enfin, à cambrer les pièces selon leur



2070. 2071.

courbe voulue, opérations d'une grande facilité au moyen des anciens instruments qui y sont employés depuis longtemps.

Le remplacement du forgeage des couverts par deux laminages a rendu un grand service aux fabricants, en permettant de décupler le nombre des couverts faits par jour, et en diminuant aussi la main-d'œuvre dans une proportion notable. Ce dernier résultat est surtout d'une haute importance pour la fabrication des couverts en maillechort, qui depuis trois ans, c'est-à-dire depuis que les procédés d'argenture galvanique sont appliqués à recouvrir ce métal d'une couche suffisamment épaisse d'argent, sont admis à remplacer les couverts d'argent dans la plupart des restaurants de Paris, dans toutes les maisons de campagne, sur la table de l'employé, de l'ouvrier, et de tous ceux pour qui l'économie d'un capital de 400 francs, représenté par une douzaine de couverts d'argent, est une économie importante. Avec 60 grammes d'argent par douzaine de couverts de maillechort, la conservation est assurée pour quatre ou cinq années, et après cette époque la réargenture peut s'effectuer sans aucun inconvénient. La douzaine de couverts en maillechort, chargés de 60 grammes d'argent, ne coûte maintenant que 54 fr.

SECTION IV. — DE L'ORFÈVRERIE D'IMITATION.

La rareté des métaux précieux a forcément conduit les hommes à s'occuper du moyen d'économiser leur emploi, tout en conservant le bienfait de leurs propriétés, recherchées non seulement par raison de luxe, mais encore par raison d'hygiène. L'imitation de tous les objets faits ordinairement en or ou en argent a donc nécessairement donné lieu à une industrie importante, appelée à rendre de véritables services, et où nous avons à considérer le plaqué ordinaire, le plaqué sur fer et l'orfevrerie de cuivre.

§ 1er. *Du plaqué.* — Il existe entre l'orfevrerie de cuivre, qui est ensuite argentée ou dorée, et l'orfevrerie plaquée une différence essentielle. Dans la première fabrication, les métaux précieux ne sont placés à la surface des objets qu'après leur entière confection ; dans la seconde, au contraire, c'est le lingot, c'est la matière première, qui est recouverte d'une feuille d'argent ou d'or plus ou moins épaisse avant toute autre mise en œuvre.

Le *plaqué* qu'on fabrique le plus ordinairement est celui d'argent ; celui d'or ou de platine ne se fait qu'exceptionnellement ; il s'obtient, du reste, par des procédés absolument identiques à ceux employés pour obtenir le premier.

On ne doit point confondre le plaqué avec le doublé. Doubler un métal d'un autre métal, c'est souder le dernier au premier au moyen d'un alliage fusible, d'une *soudure ;* plaquer, au contraire, c'est forcer les deux métaux à adhérer au moyen de procédés purement mécaniques, avec l'aide d'une température *rouge sombre*, mais sans le secours d'aucune fusion.

Comme l'argent est loin d'avoir jamais été assez abondant pour pouvoir être employé à la confection d'une foule d'ustensiles destinés à recevoir des comestibles et toutes sortes de préparations culinaires, il est naturel de penser que depuis bien des siècles on a cherché à ne le placer, ainsi que nous avons démontré que cela a été fait de toute antiquité pour l'or (voir l'article DORURE), qu'à la surface seule des métaux communs, et particulièrement à le faire servir de revêtement au cuivre. Aussi ne doit-on pas s'étonner que l'un de nos plus habiles fabricants de plaqué, M. Gandais, soit parvenu à prouver que chez les Romains on pratiquait le doublage des vases par l'argent ; seulement nous employons le mot doublage, et nous ne disons pas *placage*, parce que cette dernière opération exige des moyens mécaniques complétement inconnus des anciens, qui savaient parfaitement bien souder par l'emploi des alliages fusibles. C'est cette raison qui nous fait penser aussi que la fabrique fondée à Paris, à l'hôtel de Pomponne, rue de la Verrerie, dès 1769, et qui confectionnait des vases couverts d'une feuille d'argent d'un côté seulement, effectuait un doublage plutôt qu'un placage. L'ancienne Encyclopédie ne fait mention d'aucune fabrication analogue au plaqué. Il faut la regarder, selon nous, comme étant d'invention moderne, et nous n'avons aucun scrupule à dire d'invention anglaise, car elle était fort développée en Angleterre quand, vers 1808, elle a été importée en France, où on ne connaissait que le doublé, c'est-à-dire l'emploi d'une soudure proprement dite. D'ailleurs, bien avant la fabrique de l'hôtel Pomponne, encouragée par Louis XVI, qui y fit, en 1785, une commande de 10.000 livres tournois, Thomas Bolsover fonda à Scheffield, en 1742, une fabrique de boutons et de tabatières en véritable plaqué d'argent, et bientôt après vint Joseph Hancok, maître coutelier de la même ville, qui appliqua la nouvelle découverte à la fabrication de produits plus nombreux. Ce dernier se livra à l'imitation de la vaisselle plate, et dota sa ville natale, par la fabrication de ses théières et de ses flambeaux, d'une nouvelle industrie dont Birmingham devint bientôt le principal foyer.

De 1808 à 1839, la fabrication de l'orfevrerie plaquée s'est promptement accrue en France. A cette dernière époque, elle produisait pour 8.000.000 de francs et occupait environ 2.000 ouvriers ; son exportation était à peu près la moitié de sa production totale. Depuis lors, la fabrication est restée stationnaire, quoique la consommation intérieure se soit sensiblement accrue, parce que l'exportation a sensiblement diminué. Cette diminution est due en partie à la mauvaise confection des objets destinés aux pays étrangers, en partie au poinçon dont sont revêtus tous les produits de cette fabrication. Cette dernière observation, à cause de son étrangeté apparente, exige quelques mots d'explication : on sait que le fabricant de plaqué est assujetti à apposer *lui-même* sur ses produits un poinçon offrant en toutes lettres le mot *doublé*, ainsi que le chiffre du titre du plaqué, soit le dixième, soit le vingtième, soit le quarantième, ou tout autre titre. Or, cette indication n'est nullement exacte ; une vérification authentique du titre du plaqué ne se fait par aucun bureau de garantie, et d'ailleurs elle serait presque impossible à cause de la diversité des titres employés souvent dans une même pièce. Ainsi ce poinçon n'a, en France, d'autre autorité que celle que peut donner la moralité du fabricant qui l'a appliqué. A l'étranger, à mesure que les distances augmentent, cette autorité disparaît, et alors il arrive que notre plaqué, portant un poinçon, se trouve assujetti à son entrée en Allemagne, en Italie, en Portugal, etc., à payer les droits comme orfevrerie. Les portes de ces pays nous sont dès lors fermées, car l'Angleterre, dont le plaqué ne porte pas de poinçon, obtient facilement l'avantage pour l'approvisionnement de toutes ces contrées. Ainsi, l'orfèvrerie paye en Allemagne 8 fr. de droit d'entrée par kilogr. ; en Italie et en Portugal, elle paye 24 fr. Partout, au contraire, la quincaillerie ne paye que 50 centimes. On voit qu'il résulte d'un pareil état de choses une forte prime en faveur de la fabrique anglaise. Le plaqué est soumis, du reste, à d'autres causes de décadence, ainsi que nous le dirons un peu plus loin ; pour le moment, nous arrivons à une description succincte des procédés technologiques qui lui sont propres.

L'opération fondamentale du fabricant de plaqué consiste dans l'établissement de l'adhérence de l'argent au cuivre. Le cuivre employé est du cuivre rouge très pur, avec lequel il est plus facile d'obtenir une adhérence parfaite. Cependant le cuivre jaune aurait bien plus d'avantage dans l'usage des objets de consommation, parce qu'il présente beaucoup plus de résistance. Autrefois le

fabricant préparait et fondait son cuivre lui-même; il en faisait un lingot coulé dans des moules en fer fondu formé de deux parties assemblées, et présentant une cavité rectangulaire de 8 centimètres de large, 4 de profondeur, et d'environ 50 de long. Aujourd'hui le plaqueur reçoit ses plaques toutes préparées au soudage; on les fait dans les fonderies de Romilly et d'Imphy. Les meilleures, celles dont le cuivre est le plus épuré, viennent de Niederbruck (Haut-Rhin); elles ont une forme rectangulaire, une épaisseur d'à peu près 3 centimètres, et pèsent environ 10 kilogrammes.

Les plaques de cuivre sont vigoureusement grattées avec des grattoirs tranchants, pour faire disparaître jusqu'aux moindres défauts du cuivre, et pour que la surface soit parfaitement unie. La planche étant grattée, on la passe au laminoir, où elle s'allonge d'environ 0m,027; on la gratte de nouveau, et alors elle est prête à recevoir l'argent. Si l'on veut faire du plaqué simple ou du plaqué double, au vingtième, par exemple, on prend une feuille d'argent du poids de 500 grammes, ayant même surface que l'une des faces du lingot de cuivre, dans le premier cas; une surface double dans le second cas. Cet argent est à 999 millièmes. La feuille étant bien avivée avec du grès tamisé, on amorce quelquefois le cuivre avec une forte solution de nitrate d'argent, mais cette opération préliminaire n'est nullement nécessaire. On applique sur le cuivre la feuille d'argent, et l'on couvre de blanc d'Espagne la face de cuivre qui ne doit pas être recouverte, quand on fait du plaqué simple. On lie fortement avec du fil de fer, en mettant un peu de borax sur les bords pour préserver le cuivre de l'oxydation. La feuille d'argent est un peu plus grande que le cuivre, de telle sorte qu'on puisse un peu la rabattre sur les bords du cuivre.

Toutes ces préparations achevées, la plaque est portée au fourneau à moufle du plaqueur; la porte en fer de ce fourneau est munie d'un trou par lequel l'ouvrier surveille la température; de temps à autre on frotte sur l'argent avec une sorte de brunissoir en fer, afin de chasser tout l'air intérieur et de produire un commencement d'adhérence. L'union définitive du cuivre et de l'argent est obtenue par plusieurs passages du lingot encore chaud entre de forts cylindres de plus en plus serrés. On chauffe et passe alternativement au laminoir jusqu'à ce que la feuille ait atteint le degré d'épaisseur qu'on désire obtenir. On remet une dernière fois dans la moufle, on plonge les feuilles dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et on les nettoie en les frottant avec du sable très fin; elles sont alors prêtes à recevoir les formes des divers articles qu'on veut fabriquer.

Les divers laminoirs dont se sert le plaqueur sont les suivants :

1° Laminoir à souder et à dégrossir, dont les rouleaux en fer ont 0m,325 de long sur 0m,187 de diamètre;

2° Laminoir dont les rouleaux ont 0m,325 sur 0m,210 et sont en acier poli pour adoucir et brillanter les lames de doublé qu'on y passe;

3° Un laminoir identique au précédent réservé spécialement pour tout ce qui est laminé très mince et, en particulier, pour les bandes d'argent destinées à l'estampage des bordures et ornements dont nous parlerons tout à l'heure;

4° Un laminoir aussi en acier poli pour les feuilles larges destinées à faire des plateaux et autres articles analogues, dont les rouleaux ont 0m,59 sur 0m,25;

5° Un laminoir en fonte de fer douce pour le même objet ayant 0m,82 sur 0m,28;

6° Une paire de rouleaux de 0m,24 sur 0m,16 pour laminer le fil;

7° Enfin, une paire de rouleaux de 0m,16 sur 0m,056 en acier très dur, pour le plaqué à un titre très bas.

On peut faire le fil de cuivre plaqué de deux manières. La première manière est la plus employée; elle consiste à former d'abord un cylindre creux d'argent. Celui-ci s'obtient en enroulant une feuille d'argent de façon que les bords se recouvrent. On introduit dans ce tuyau un cylindre en cuivre chauffé au rouge, pouvant y entrer librement, et avec un brunissoir en acier on appuie fortement sur les bords qui se soudent l'un à l'autre. Le tube d'argent étant fait, on le nettoie intérieurement, on le chauffe au rouge sombre, et on y introduit le cylindre à plaquer qui ne pénètre qu'à frottement. Le refroidissement fait appliquer l'argent. On porte au fourneau et on appuie avec le brunissoir dans le sens de la longueur. En outre, on fait dans le cylindre en cuivre un peu plus long que le tube d'argent, un creux circulaire dans lequel on fait entrer les bords de la feuille d'argent. On obtient ainsi un cylindre massif qu'on passe à la filière. Le cuivre et l'argent s'allongent en conservant toujours le même rapport d'épaisseur. On recuit enfin et on lave avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, comme pour le plaqué en feuilles.

L'autre méthode donne un plaqué extrêmement mince, connu dans le commerce sous le nom de plaqué allemand. Elle consiste à arrondir et étirer d'abord soigneusement la barre de cuivre, à dépolir sa surface et à y appliquer des feuilles d'argent battu en frottant avec le brunissoir. Ce travail est minutieux et donne des résultats bien inférieurs au précédent.

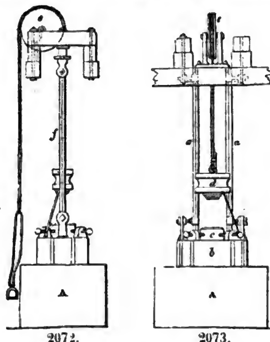
Les fils de cuivre plaqués sont très employés pour la fabrication des paniers à pain, des porte-mouchettes et d'un grand nombre d'autres articles réunissant l'élégance et la légèreté à l'économie.

On a d'abord travaillé les feuilles plaquées par les procédés employés dans la chaudronnerie pour le cuivre, et dans l'orfèvrerie pour l'argent, c'est-à-dire au marteau, par la *retreinte*, en poussant peu à peu le métal à prendre la forme désirée. Ce procédé, extrêmement long et fatigant, ne donnait que de mauvais résultats pour le plaqué, à cause de la rupture que le marteau tendait constamment à établir entre les deux métaux juxtaposés, soumis à des efforts inégalement répartis. Il n'est plus employé aujourd'hui que lorsque l'ouvrier manque des outils et instruments nécessaires pour suivre une méthode plus commode, plus expéditive, plus appropriée à l'économie de main-d'œuvre qu'exige le bas prix, cette condition suprême d'existence du plaqué. Par exception, on s'en sert encore lorsqu'il ne s'agit que de produire un petit nombre d'articles de forme irrégulière, pour lesquels la confection de matrices à estamper ou de mandrins à tourner serait une dépense trop coûteuse, vu le peu de service qu'on en tirerait. On se sert généralement aujourd'hui soit de l'estampage, soit du tour. L'estampage surtout est le procédé particulièrement approprié à la mollesse et à la malléabilité du métal employé pour faire le plaqué.

Le procédé de l'estampage consiste à faire entrer de force, par pression ou par percussion, la feuille de plaqué dans une matrice en creux, au moyen d'une étampe dont les reliefs s'ajustent exactement dans les creux de la matrice. La substance dont sont faites les matrices et étampes doit être dans un certain rapport avec la malléabilité et l'épaisseur de la feuille à travailler; c'est du laiton, du fer, de l'acier, etc. Souvent même l'étampe est composée d'un métal très mou, de plomb moulé sur les creux de la matrice ou réciproquement.

Comme il est nécessaire, pour le succès de l'opération, que la matrice et l'étampe s'ajustent l'une sur l'autre avec une grande précision lorsqu'elles se rapprochent, on attache ordinairement la matrice sur une large pierre A (fig. 2072 et 2073) qui remplit d'autant mieux le but qu'on veut atteindre qu'elle est plus massive. On fait, en outre, descendre l'étampe verticale-

ment, en s'arrangeant de façon qu'elle ne puisse diverger dans aucune autre direction. On peut employer, du reste, plusieurs procédés pour la faire descendre avec la force nécessaire : 1° frapper dessus avec un marteau : 2° se servir d'un balancier analogue à la presse monétaire; 3° se servir d'un mouton ou marteau à déclic. Les fig. 2072 et 2073 représentent



2072. 2073.

deux coupes rectangulaires du dernier appareil plus communément employé ; la fig. 2074 en donne le plan. Le mouton *d* porte à sa partie inférieure l'estampille; la matrice *e* est fixée sur la pierre dans un soubassement en fer *b* où elle est serrée par quatre vis. On soulève le mouton *d* à une hauteur plus ou moins grande selon la force du choc qu'on veut produire, au moyen de la corde *f* s'enroulant sur la poulie *c*. Le mouton se meut entre les deux montants en fer *a*; les deux faces, en regard de ces montants, présentent chacune un filet en relief pénétrant dans une rainure correspondante du mouton.

2074.

Les matrices sont en acier fondu ; il peut y en avoir plusieurs pour la fabrication d'un même objet, par exemple pour obtenir un vase dont le fond et les bords supérieurs ont des dimensions moindres que celles de la panse.

La matrice étant fixée par les vis, on l'entoure d'un cercle haut de 4 à 5 centimètres, formé d'un lut d'argile pétrie avec de l'huile ; on coule du plomb dans la cavité obtenue. On adapte à la partie inférieure du mouton une plaque en fer dont la face, de même dimension que la matrice, est rude comme une râpe, et qu'on appelle *suçeur*. Aussitôt que le plomb est solidifié, on soulève le mouton, on le laisse retomber, et on le soulève de nouveau ; il emporte avec lui le disque de plomb qui s'est bien moulé sur la matrice.

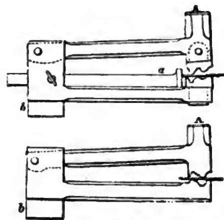
On peut alors procéder à l'estampage, qui s'exécute en plaçant sur la matrice la feuille de plaqué découpée suivant la forme et les dimensions voulues, et en laissant tomber dessus le mouton autant de fois que cela est nécessaire pour que la feuille de plaqué entre dans toutes les excavations de la matrice. Le nombre de coups de mouton est naturellement en rapport avec la profondeur de ces creux, ainsi qu'avec l'épaisseur et le degré de malléabilité de la feuille plaquée, et peut aller jusqu'à dix ou douze. Comme le métal devient aigre, dur et cassant, il faut le faire recuire de temps à autre pour lui rendre sa malléabilité. Pour arriver à produire des objets d'une forme profondément creuse, on est obligé d'employer successivement plusieurs matrices gravées de plus en plus profondément. Dans ce cas, on est même souvent forcé d'opérer d'une autre manière ; on fait (fig. 2079 et 2080) les étampes en acier, et elles sont gravées en creux ; les matrices sont alors en plomb.

Il va sans dire qu'on réunit, par des soudures ou bien par des assemblages à vis ou d'autre sorte, les diverses pièces qu'il est impossible d'obtenir par un seul estampage. Un chandelier, par exemple, est composé d'au moins quatre ou cinq pièces principales auxquelles des bordures ornées sont ordinairement ajoutées. Des bordures ou *bates* sont également placées autour de l'ouverture ou en d'autres endroits des vases ou autres ustensiles pour les renforcer et concourir en même temps à la décoration. Ces bordures sont surtout soumises au frottement dans l'usage qu'on fait des objets, et, par conséquent, elles se détériorent avec une grande facilité, et l'argent s'usant rapidement, elles finissent par laisser voir la couleur rouge du cuivre.

Un des plus grands perfectionnements qu'on ait introduits dans la fabrication du plaqué a été de faire ces bordures en argent pur. Malheureusement, toujours dans un but d'économie, ces bordures sont faites en argent d'une minceur extrême. Pour leur rendre de la force, on remplit l'intérieur des moulures de soudure faible qui sert à les appliquer sur les pièces.

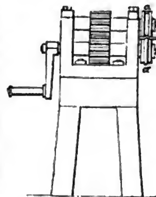
Les moulures s'exécutent avec facilité et précision au moyen des estampes représentées fig. 2075 et 2076.

2075.



2076.

La partie A est mobile autour d'une charnière ; on la soulève pour introduire le métal à moulure entre les deux matrices. On ajuste sur un étau *b*; la partie *a*, qu'on peut avancer plus ou moins, guide l'opérateur et fait que la moulure est toujours à la même distance du bord de la feuille; on frappe sur la tête A au moyen d'un marteau.

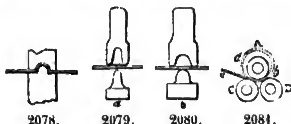


2077.

Le laminoir peut être employé avec succès pour la fabrication des moulures; il produit plus rapidement et plus économiquement que le procédé précédent. Les deux rouleaux *a*, *a* (fig. 2077), sont rendus solidaires par deux roues dentées, dont l'une est mise en mouvement par une manivelle ; ils portent les moulures gravées, l'un en relief, l'autre en creux, et

ils sont agencés de façon que les deux moulures s'ajustent exactement, ainsi que l'indique la fig. 2078, sur une échelle agrandie.

Les courbures cylindriques ou coniques sont souvent obtenues en frappant avec un maillet sur la feuille posée sur des mandrins en bois diversement courbés. On obtient le même résultat avec plus de précision et plus de rapidité au moyen d'une machine composée de trois cylindres en fonte A, B, C, (fig. 2081) entre lesquels passe la feuille *abcd*. Selon qu'on rapproche plus ou moins des deux autres le cylindre du



2078. 2079. 2080. 2081.

milieu A, on change de degré de courbure de la feuille; on peut obtenir la forme conique en éloignant ou en rapprochant ce cylindre A un peu plus d'un côté que de l'autre.

Les différentes pièces se soudent au moyen d'alliage plus ou moins fusible d'argent et de cuivre. On doit éviter la soudure à l'étain qui donne trop de solidité et qui, trop souvent, est employée pour monter les pièces; il arrive, par exemple, que les réchauds de table assemblés avec cette dernière soudure sont de suite hors de service. Quand on soude avec de la soudure forte, on recouvre le métal d'une mixture saline composée de borax et de *fiel de verre*, écume rejetée par les verriers, et on place dessus la soudure coupée en paillons. On expose ensuite à la flamme d'une lampe d'émailleur ou bien à la chaleur du charbon de bois excité par le soufflet d'une petite forge, jusqu'à ce que la soudure coule également le long des bords de la jonction.

On donne enfin le poli en frottant avec de l'hématite ou sanguine, ou bien avec du tripoli ou de la poudre d'os calcinés.

Les procédés d'estampage que nous venons d'exposer, en partie d'après M. Ure, sont surtout employés en Angleterre. En France et en Allemagne, on se sert plus souvent du tour pour les pièces principales; l'estampage est réservé pour les ornements. Nous dirons quelques mots du tour au § 3 de ce chapitre.

§ 2. *Du plaqué sur fer.* — La fabrication du plaqué sur fer n'a jamais pu prendre une grande importance, et aujourd'hui elle tombe de plus en plus. On le conçoit facilement, car on n'est pas arrivé à obtenir du doublé de fer par des procédés simples et économiques, comme ceux qui donnent le doublé de cuivre, et il est impossible, du moins quant à présent, de travailler le doublé de fer par les procédés mécaniques dont l'économie a fait tout le succès du plaqué. On ne plaque donc sur fer que de petits objets, tels que couverts, mouchettes et articles de harnais et voitures, etc. Encore ces derniers ouvrages ne se font-ils plus guère qu'en maillechort, argenté ou non, ou bien quand on veut allier le luxe à l'économie, en argent estampé très mince et fourré d'étain.

Le procédé pour plaquer le fer se réduit à étamer d'abord légèrement le fer, et, en chauffant les matrices, à appliquer la feuille d'argent à l'aide d'une forte pression.

§ 3. *De l'orfèvrerie de cuivre.* — Depuis longtemps déjà, en Allemagne, on se sert avec un certain avantage de l'orfèvrerie en maillechort au lieu de l'orfèvrerie en plaqué dont la fabrication y est assez restreinte. Lors de l'invention de l'argenture électro-chimique par MM. Elkington et de Ruolz, on s'est occupé d'importer la fabrication du maillechort en France; on se proposait d'argenter cet alliage, contre lequel certaines préventions s'étaient élevées à cause du cuivre qu'il contient, et de le rendre aussi usuel chez nous qu'il l'est au-delà du Rhin. Comme le maillechort est blanc, on n'avait pas à craindre de voir apparaître, par suite de l'usure, la couleur rouge que montre si vite le plaqué et qui trahit si désagréablement un luxe mensonger. Mais le nickel qui avec le zinc et le cuivre constitue le maillechort, ayant acquis tout à coup une valeur considérable, on a bientôt renoncé à employer ce métal. C'est à un accaparement que font les Anglais de tous les minerais de nickel qui se trouvent principalement en Hongrie, que l'on doit le renchérissement de ce métal. Les Anglais payent à raison de 280 fr. les 100 kilogr., des minerais qui ne contiennent pas au-delà de 15 p. 100 de nickel. « On assure, ajoute M. Péligot, à qui nous empruntons ces détails, dont il est bon que les orfèvres soient prévenus, qu'ils emploient le nickel à faire de l'argenterie non seulement à bas titre, mais surtout à faux titre, en tirant profit de cette observation, qu'un alliage à parties égales d'argent et de nickel ressort au même titre, par les essais faits par les bijoutiers, qu'un alliage d'argent et de cuivre contenant 13 parties d'argent sur 16 parties. On comprend qu'ils puissent payer à un prix élevé le nickel qu'ils destinent à un pareil emploi. »

Telles sont les raisons pour lesquelles on n'emploie plus le maillechort argenté que pour les couverts. Toute l'orfèvrerie argentée est maintenant en cuivre jaune, alliage de cuivre et de zinc. Le cuivre jaune est plus résistant que le cuivre rouge, et c'est là une qualité qui donne déjà une supériorité marquée, sur le plaqué, à l'orfèvrerie de cuivre, industrie récemment importée de Hollande. Il est vrai qu'il ne faut pas espérer d'arriver au prix si bas du plaqué; le métal n'a pas assez de malléabilité pour qu'on lui donne tant de minceur et si peu de poids. Les pièces auront donc toujours une certaine valeur intrinsèque au-dessous de laquelle il sera impossible de descendre. Ce n'est vraiment pas un malheur, car cette circonstance engagera le fabricant à chercher une certaine élégance, une certaine richesse, en même temps qu'il ne sera pas conduit à sacrifier à la fois la solidité et la forme au désir de produire à bas prix. L'orfèvrerie de cuivre jaune, argentée ensuite à une épaisseur suffisante, au moyen des procédés électro-chimiques (voir notre article DORURE) conservera un caractère propre, celui de l'imitation de l'orfèvrerie fine. Il y aura, cependant, un écueil à éviter, en prenant le parti de ne point diminuer indéfiniment l'épaisseur du métal, ce sera de faire trop massif, c'est-à-dire de fabriquer du bronze au lieu de l'orfèvrerie. Parce que l'or et l'argent sont des métaux précieux, on a dû économiser leur emploi, et par suite chercher à donner à tous les objets fabriqués avec ces deux matières premières une certaine légèreté, une élégance de bon goût mais sans maigreur. Le fabricant d'orfèvrerie de cuivre devra s'attacher à reproduire ce caractère, à obtenir des détails d'une grande finesse, un mat ou un poli d'une grande douceur. Les ornements devront être fondus par un fondeur soigneux, habitué au moulage et à la fonte de l'orfèvrerie fine. Autant que possible, pour ne pas rentrer dans la fabrication du plaqué, on devra éviter de faire les anses, les pieds, tous les ornements avec de l'estampé seulement. La ciselure délicate, la gravure artistique seront nécessaires. La charpente des pièces, au contraire, sera faite par les procédés mécaniques les plus parfaits, c'est-à-dire au tour et au marteau à planer.

Nous ne nous étendrons point sur les procédés mécaniques, déjà indiqués plusieurs fois dans ce Dictionnaire

et dans le cours même de cet article. Nous dirons seulement que le travail du tour consiste à couper la plaque de la grandeur et de la forme convenables; à la placer sur le tour, sur un mandrin en bois, et, à l'aide d'un brunissoir en acier poli et trempé dont le manche fait levier en s'appuyant contre une cheville placée dans un trou dont on est libre de varier la position, à forcer la plaque à s'adapter exactement sur toutes les parties du mandrin. En changeant de mandrin plusieurs fois, on obtient la forme voulue. Il faut recuire la pièce toutes les fois qu'elle en a besoin, afin qu'elle puisse se ramollir au point de suivre toutes les dépressions et renflements du mandrin ou moule sur lequel on l'applique. A l'emploi du tour circulaire, on peut joindre aussi l'emploi du tour ovale, machine ingénieuse dont la plate-forme en cuivre jaune offre au milieu une pièce longue à coulisse, en acier, qui, se décentrant à chaque instant par l'effet du va-et-vient que son propre poids lui imprime, donne le moyen de tourner les ovales des plus grandes dimensions, et de faire les plateaux, les plats, etc. Les diverses pièces sont soudées entre elles, et les pieds, les anses, sont attachés par des écrous; des bates, c'est-à-dire des cercles de renfort ornés ou non ornés, sont placés à tous les endroits sujets à être fatigués. Le fabricant reconnaîtra d'ailleurs que chaque fois que les pièces additionnelles seront nécessaires pour obtenir la solidité des objets produits, elles seront aussi indiquées par les principes de l'art et du bon goût. BARRAL.

ORPIMENT. Sulfure jaune d'arsenic. Voyez ARSENIC.

ORSEILLE. On donne le nom d'*orseille* à une matière colorante obtenue par l'action simultanée de l'air, de l'humidité et de l'ammoniaque, sur plusieurs variétés de lichens : le nom d'orseille est du reste donné aussi aux lichens qui servent à la préparation de la matière colorante. La couleur de l'orseille est généralement violette, susceptible d'ailleurs d'être modifiée, comme toutes les couleurs végétales, par les acides et les alcalis. Ses teintes vives et éclatantes la font rechercher pour certaines teintures, et son emploi a pris depuis quelques années une assez grande extension. L'avantage que présente cette matière colorante est de fournir à bon marché des couleurs qui flattent l'œil, mais qui malheureusement manquent de solidité; et la cause peut-être (suivant Cocq) qui a donné une certaine importance à sa fabrication en Auvergne et dans le Midi, c'est de procurer aux habitants de ces contrées le moyen de teindre en belle couleur les étoffes grossières dont ils font leurs vêtements journaliers.

Historique. On employait déjà en teinture, du temps des Romains, l'orseille et les lichens, car Pline en fait mention. On croyait alors que la couleur de pourpre provenait des lichens qui lui servent de nourriture.

Après l'extinction de l'empire romain, on perdit en teinture l'usage de l'orseille. Au commencement du quatorzième siècle, un Florentin de race allemande, nommée Federigo, qui avait découvert par hasard dans le Levant ses propriétés tinctoriales, en introduisit l'usage à Florence, et acquit par là une si grande fortune qu'il devint le chef d'une famille puissante qui prit le nom d'Oricellarii (plus tard Rucellarii et Rucellai). Pendant plus d'un siècle, l'Italie produisit exclusivement l'orseille; on la recueillait sur les côtes et les îles de la Méditerranée.

Depuis 1402 on tira en grande partie les lichens à orseille des îles Canaries et plus tard aussi du Cap-Vert. Les orseilles préparées avec ces derniers présentent pour les teinturiers de laine en flottes un avantage, c'est que les brins du lichen s'attachent moins à la laine que les lichens des Canaries, sans pour cela être plus riches en couleur, au contraire, on les trouve moins riches.

Sur les côtes de Suède, d'Ecosse, d'Irlande, du pays de Galles, les habitants emploient depuis un temps immémorial le lichen pour teindre en rouge.

La fabrication de l'orseille est restée bien longtemps soumise à un véritable empirisme; c'est en 1812 seulement que M. Cocq, commissaire des poudres et salpêtres à Paris, publia (1) sur la matière un mémoire intéressant, dans lequel il dit n'avoir obtenu qu'avec les plus grandes difficultés des détails sur les manipulations auxquelles sont soumis les lichens, les fabricants d'orseille cachant avec un soin extrême les opérations de leurs ateliers. M. Cocq regarde avec raison cette connaissance imparfaite des procédés suivis, comme la cause immédiate du peu de progrès que la science a fait faire à ce genre de travail. Cette réflexion de M. Cocq ne serait pas, jusqu'à un certain point, déplacée aujourd'hui, car depuis la publication de son mémoire, en 1812 jusqu'en 1829, la théorie de la fabrication ne fit aucun pas. On était encore dans l'ignorance la plus complète sur la nature de la matière colorante, lorsque Robiquet vint soumettre l'étude des lichens à ses savantes investigations (2).

Robiquet isola d'un lichen, ou mieux d'une variolaire (*variolaria dealbata*), un principe immédiat qui se présente sous l'aspect d'une matière blanche, cristalline, soluble dans l'eau, et auquel il donne le nom d'*orcine*. Cette orcine étant imprégnée d'ammoniaque, si on la place sous une cloche remplie d'oxygène, sa couleur devient fauve et ensuite violet foncé, sa dissolution fournissant une très belle teinte rouge violacée. Mais cette orcine ne peut pas être considérée comme un principe colorant, car dans un travail particulier (3), Robiquet reconnut que cette orcine se transformait, sous l'influence de l'ammoniaque, en une substance brune, insoluble dans l'eau, qu'il considère comme le principe colorant de l'orseille, auquel il a donné le nom d'*orcéine*.

Bien que Robiquet indique la présence simultanée de l'air, de l'humidité et de l'ammoniaque, comme nécessaire à la coloration de l'orcine, il pense que l'ammoniaque exerce la plus grande part dans cette transformation; et, suivant lui, ce n'est pas en se combinant avec l'orcine, comme il pourrait le faire avec un acide, qu'agit cet alcali, mais par suite de la fixation de ses éléments, et il fait observer que de tous les alcalis, l'ammoniaque seule exerce cette action sur l'orcine.

M. Schuncke, en évaporant la liqueur de couleur verdâtre provenant de l'action de l'éther sur les lichens conturés, a obtenu, par le refroidissement, de petits cristaux verdâtres. M. Schuncke a donné à ce produit le nom de *lécanorine*; elle est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool froid, soluble dans l'éther et l'acide acétique. Sous l'influence des alcalis et de la chaleur, la *lécanorine* se transforme en acide carbonique et en orcine.

Cela posé, disons d'abord quelques mots des lichens employés à la fabrication de l'orseille, et auxquels on donne très souvent, mais improprement, le nom d'orseille.

On distingue dans le commerce plusieurs espèces d'orseille, et notamment celle dite *des îles* et celle connue sous le nom d'*orseille de terre*. La première, qui est la plus estimée et la plus chère, nous vient des Canaries et du Cap-Vert; on en reçoit aussi d'Angola, de Madagascar, des Açores, de Madère, de la Corse et de la Sardaigne. Berthollet rapporte cette espèce au *lichen rocella*, dont les botanistes distinguent plusieurs variétés. La seconde se récolte sur nos montagnes

(1) *Annales de Chimie*, tome LXXXI.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, 2e série.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LVIII, 2e série.

d'Auvergne, des Alpes, des Pyrénées et de la Lozère.

Tous les documents recueillis jusqu'à ce jour semblent démontrer que l'orseille est principalement composée de variolaires, et le nom de *parelle*, que lui donnent en France tous ceux qui s'occupent de sa récolte, a pu induire en erreur et faire attribuer l'orseille au *lichen parella*; mais il n'en est rien, la ressemblance des noms est la cause de la confusion qu'on a pu faire, du moins c'est là l'opinion de Cocq, opinion que Robiquet n'a pas contredite.

Nous pensons qu'il n'est pas inutile d'entrer ici dans quelques détails intéressants donnés par Cocq.

Le lichen qui produit l'orseille se trouve sous les laves volcaniques, où toutes les pierres bouleversées présentent diverses surfaces à tous les aspects, et permettent au lichen de choisir la position qui convient le mieux à son accroissement, tandis que les sels contenus dans les laves contribuent sans doute au développement de ses parties.

Tous les lichens, semblables en apparence, végétant sur la même pierre, confondus sur le même mamelon, ne possèdent pas les mêmes principes colorants, de sorte que l'orseille qu'on vient vendre aux fabricants se trouve composée d'un certain nombre de cryptogames dont on ignore les qualités tinctoriales individuelles, et souvent sans qu'on puisse savoir, par conséquent, quels sont les plus favorables ou les plus nuisibles. On assure même que les ouvriers chargés de cette récolte les mélangent à dessein pour augmenter leur bénéfice, et ils le peuvent impunément, puisque ceux qui les payent ne savent pas précisément quelles sont les espèces auxquelles il doivent accorder la préférence.

Nous pensons que ces diverses considérations, émises tant par Cocq que Robiquet dans leurs mémoires, ont dû éveiller, au moins pour ce qui se passe en France, l'attention des intéressés, qui doivent être probablement plus à même de reconnaître les meilleures qualités des lichens qu'on leur présente.

La *variolaria orcina* a donné à M. Cocq la belle et vive couleur amarante que les teinturiers d'Auvergne en tirent. Ce lichen, constamment et exclusivement nommé *parelle*, reçoit en outre divers surnoms suivant les divers états où on la trouve. Par exemple, on la nomme *varenne* quand elle se rencontre sur le granit; alors elle est plus lisse, moins fendillée, et ses glomérules fructifères sont moins proéminents. Les ouvriers assurent que cette variété fournit une couleur plus vive, mais elle est rare dans ce pays-ci.

On trouve plus communément la parelle sur les laves, et l'on nomme *pucelle* celle qui est recueillie pour la première fois; la parelle *maîtresse* est celle qui a pris tout son accroissement, et qu'on ne récolte qu'après cinq ou six ans de végétation.

Les hommes qui s'occupent de récolter les lichens en France, les râclent sur les rochers au moyen d'un couteau à lame mince d'une forme particulière. Ils préfèrent pour se livrer à ce travail un temps de pluie, parce que le lichen est arraché plus facilement. La quantité qu'ils récoltent peut s'élever à 2 kilogr. par jour. Les fabricants d'orseille à qui ils présentent à acheter le fruit de leur récolte, soumettent un échantillon de ces lichens à un essai pour apprécier leur qualité. Pour cela, ils en mettent un peu dans un verre contenant de l'urine avec une petite addition de chaux.

Lorsque les parelles sont mouillées, ce qui arrive d'autant plus souvent que les récoltes se font plus facilement par un temps de pluie, il est nécessaire de les faire sécher pour les conserver saines et les préserver de la fermentation qui altère singulièrement leurs qualités tinctoriales; pour cela, on les étend dans un grenier bien aéré en couches qui ont 5 à 6 centimètres d'épaisseur au plus. Ainsi séchées elles se conservent bien; on prétend cependant qu'au printemps elles éprouvent encore une réaction sensible. C'est des soins qu'on met à les conserver que dépendent les résultats de la fabrication de l'orseille.

Les lichens du Cap-Vert et des Canaries offrent de grandes difficultés dans leur récolte, les rochers sur lesquels ils croissent ayant leurs pieds baignés par la mer. Les hommes qui s'occupent de ce travail plantent au sommet des roches l'extrémité d'une corde à nœuds, à laquelle ils se suspendent comme les badigeonneurs de Paris pour aller cueillir les plantes qui croissent sur les parois.

Les lichens récoltés d'une manière ou d'une autre sont toujours mêlés avec de la mousse qu'il est facile de séparer; pour cela on les place en lits de peu d'épaisseur, et on passe sur eux des étoffes de laine à longs poils après laquelle la mousse s'attache.

Depuis nombre d'années les lichens de France ne sont plus employés dans la fabrication de l'orseille, à cause de leur faible richesse en matière colorante. Longtemps on a employé presque exclusivement les lichens des Canaries et du Cap-Vert, mais depuis quinze ans ces lichens ne sont plus employés, leur qualité ayant singulièrement dégénéré; on attribue cette infériorité à la trop grande fréquence des récoltes, qui ne permettait pas aux plantes d'arriver à un développement désirable. C'est depuis cette décadence qu'on tire d'Angola et de Madagascar toute l'orseille qu'on travaille en France; les lichens qui arrivent de ce pays retiennent à leurs extrémités, non pas de petits cailloux, mais de petits morceaux de bois, ce qui donne à penser qu'on les récolte sur des arbres ou des ronces au lieu de rochers. Taylor dit qu'en Angleterre on fait aussi usage des lichens de Barbarie et du pays de Galles.

Leuchs, dans son *Traité des Matières tinctoriales*, indique comme étant employés de préférence à la fabrication de l'orseille les lichens suivants : le *parella rocella*, le *lichen tartareus*, et la *variolaria orcina*; il ajoute qu'on peut cependant employer aussi les lichens suivants : *pellitus*, *calcarius*, *jubatus*, *farinaceus*, *lacteus*, *muscorum*, *omphalodes*, *impressus*, *parella prunastri*, *caparatus*, *deustus*, *bacomyces cocciferus*, *argentata*, *parella saxatilis*.

Cocq conseille aux fabricants d'orseille d'user, avant la mise en fabrication, de la précaution suivante pour débarrasser les lichens des parties terreuses qu'ils renferment toujours en plus ou moins grande quantité, c'est de les laver dans l'urine ou de l'alcali volatil étendu, suivant qu'on emploie l'un ou l'autre de ces liquides dans le travail. De cette manière l'orseille fabriquée est tout à fait débarrassée de matières terreuses qui ne peuvent que nuire à son emploi dans la teinture. C'est surtout pour les lichens récoltés en France qu'il donne ce conseil, et il prétend qu'avec cette précaution les lichens de notre pays valent tout autant que celui des îles.

Fabrication. Nous avons maintenant à parler des procédés de fabrication de l'orseille; nous ne pourrons donner à cet égard tous les détails qu'on pourrait désirer sur ce sujet; car aujourd'hui, comme en 1812, époque à laquelle Cocq écrivait son mémoire, les fabricants ne tiennent pas le moins du monde à faire connaître les détails de leur travail, dans la crainte plus ou moins fondée de livrer à leurs concurrents, présents ou futurs, les perfectionnements qu'ils peuvent avoir apportés dans les procédés de fabrication.

Ce qui est positif c'est qu'on place dans des auges, appelées *barques* par les gens du métier, les lichens et l'urine ou l'alcali volatil, de manière que les plantes

soient baignées dans le liquide. Voici ce que nous indiquent les anciens auteurs sur le travail à l'urine. On met 100 kilogr. de lichen bien propre et débarrassé, autant que possible, de substances étrangères, dans une barque dont la dimension est ordinairement de 2 mètres de long sur 6 à 7 de profondeur; sa largeur au fond étant de 4 décimètres; un couvercle la ferme assez exactement; on arrose avec 120 kilogr. environ d'urine. Pendant deux jours et deux nuits, on remue, on brasse le mélange toutes les 2 à 3 heures; les caisses étant fermées exactement dans l'intervalle. Le troisième jour de l'opération on ajoute au mélange 5 kilogr. de chaux, 125 grammes d'acide arsénieux et autant d'alun. Pour rendre bien intime le mélange de l'urine et des matières ajoutées, on relève les plantes de chaque côté pour les replacer après l'introduction des ingrédients.

Une fermentation, qui n'est probablement autre chose que le dégagement de l'ammoniaque de l'urine produit par la chaux, ne tarde pas à se manifester, et, à ce moment, il faut brasser la matière avec beaucoup de soin. Pour rendre le brassage facile on ne remplit les caisses qu'à moitié. Si la fermentation (toujours en supposant ce nom bien applicable ici) est prompte les brassages doivent se succéder de demi-heure en demi-heure; si elle est lente, c'est d'heure en heure, mais toujours de manière à empêcher la formation d'une croûte à la surface.

Après 48 heures cette fermentation éprouve un ralentissement; on lui rend une certaine activité en ajoutant alors 1 kilogramme de chaux, et on brasse d'autant moins souvent que la fermentation se ralentit davantage. On laisse ainsi passer quinze jours, puis on ne brasse plus que de 6 heures en 6 heures. Au bout de vingt-trois jours toute l'intensité de couleur est obtenue. En général, l'opération dure trois semaines quand les plantes sont de qualité médiocre, et un mois lorsqu'elles sont très bien choisies.

L'orseille en pâte n'est autre chose que la substance qui se trouve dans les caisses, substance résultant de l'action réciproque des diverses matières mises en présence; elle renferme nécessairement toute la partie ligneuse, plus ou moins intacte, des lichens. Cette pâte d'orseille est conservée dans des tonneaux; au bout d'un an elle a acquis son maximum de teintes, ce qui indique une continuation d'action; à la troisième année elle s'altère.

D'après Taylor, quand l'orseille n'est pas assez rouge on ajoute 500 grammes d'alun par 50 kilogr. de pâte, ou un peu de nitrate d'étain; mais si on veut la rendre plus bleue ou violette, on ajoute 500 grammes de potasse calcinée.

Voilà ce que nous pouvons indiquer sur le procédé de fabrication, lorsqu'on fait usage d'urine. Disons maintenant quelques mots sur la théorie de cette opération.

D'abord, il est de toute évidence que l'urine n'est employée que comme matière première d'ammoniaque, que l'on fait dégager au moyen de la chaux; mais comme on emploie toujours un grand excès de chaux, cet excès ne peut manquer de devenir préjudiciable. De plus, l'urine ne renferme pas seulement du carbonate et autres sels d'ammoniaque, elle contient encore d'autres substances salines et des matières organiques; or, il n'est pas douteux que si quelques uns de ces corps étrangers à l'ammoniaque peuvent jouer un rôle utile dans la réaction (ce qui est encore une hypothèse), d'autres doivent jouer un rôle secondaire, d'autres enfin un rôle nuisible. En effet, les sels déliquescents que renferme l'urine doivent nécessairement se retrouver dans l'orseille; de plus, l'urine contient des principes azotés putrescibles qui finiraient par entraîner, dans leur décomposition, toute la matière organique végétale, si on n'y prenait garde; c'est pour remédier à cet inconvénient qu'on emploie de l'alun et de l'acide arsénieux; du moins c'est la l'opinion de Robiquet. Et encore ces matières ne suffisent-elles pas toujours pour préserver de la putréfaction; aussi est-on quelquefois obligé, pour la prévenir et l'arrêter, d'ajouter, à l'orseille préparé, un peu d'oxyde rouge de mercure qui est un anti-putride très-puissant.

L'alun qu'on emploie dans cette fabrication se trouve nécessairement décomposé par les alcalis, de sorte que l'alumine précipitée et la chaux augmentent sans nécessité le poids de l'orseille et absorbent en pure perte une quantité notable de matière colorante.

Robiquet pense, avec raison, qu'une des fonctions spéciales de l'ammoniaque, dans la fabrication de l'orseille, est de saponifier les matières grasses ou résinoïdes qui enveloppent le lichen et le rendent imperméable. Ce savant chimiste n'admet pas qu'une fermentation se manifeste dans l'opération; tout se borne, d'après lui, à une réduction qui est naturellement plus prononcée et plus prompte lorsque la température est plus élevée. On sait que le froid contrarie le travail des fabricants d'orseille; on peut remédier à l'inconvénient d'une basse température en chauffant les ateliers contenant les barques. Si les fabricants d'orseille devaient aujourd'hui travailler les lichens avec de l'urine, ils ne suivraient pas tous les errements indiqués par les anciens auteurs, et se passeraient entre autres choses de l'acide arsénieux et de l'alun; nous n'en voulons pas d'autres preuves que l'assertion de M. Ch. Mottet, un des bons fabricants de Paris.

La théorie que nous venons d'exposer pour la fabrication de l'orseille, la seule d'ailleurs proposée, et par suite admise aujourd'hui, indique évidemment que l'ammoniaque, ou l'alcali volatil, remplacerait très bien, avec avantage même, l'urine dans l'emploi qu'on en fait. L'urine, outre les inconvénients déjà cités, a encore celui de ne pas être d'une force régulière, et Cocq conseille aux fabricants de ramener par l'évaporation les urines dont ils font usage a un degré constant, de manière que la dose à employer soit toujours la même, ce qui éviterait nécessairement des tâtonnements et rendrait le travail plus normal.

L'ammoniaque n'a pas cet inconvénient, aussi Cocq a-t-il, dès 1812, insisté fortement pour son emploi; mais il paraît que ses conseils furent, sur ce point du moins, longtemps dédaignés, car Robiquet dit, en 1829, que l'emploi de l'alcali volatil n'a commencé à s'introduire, dans la fabrication de l'orseille, que depuis quelques années.

La routine, le haut prix de l'alcali volatil ont d'abord empêché les fabriques d'orseille d'entrer dans cette voie nouvelle; c'est depuis vingt ans environ que nos fabricants emploient des quantités considérables d'ammoniaque. L'alcali volatil leur donne des nuances plus vives et plus éclatantes; quelques-uns ont bien prétendu que les couleurs d'orseille fabriquées avec de l'urine ont plus de fonds; et que le prix de l'alcali volatil, si bas qu'il fût, ne serait pas pour eux une cause pour revenir entièrement à l'emploi de l'urine; mais les avis sont partagés, et la majorité des fabricants ainsi que la théorie donnent entièrement tort à l'urine. Du reste, des expériences directes donneraient sans peine la solution de cette question, qui intéresse la fabrication de l'orseille; c'est aux fabricants éclairés qu'il appartient de décider par des essais comparatifs. La salubrité publique est, elle aussi, intéressée à ce que tous les doutes soient éclaircis, car la putréfaction de l'urine est la cause, pour le voisinage des fabriques d'orseille, d'émanations très incommodes, sinon malsaines, à tel point que, dans plusieurs circonstances, le conseil de salubrité de Paris a menacé les fabricants de la fermeture de leurs usines, s'ils per-

sistaient à faire usage d'urine au lieu d'ammoniaque.

En supposant, d'ailleurs, que parmi les sels que renferme l'urine, certains soient utiles à la fabrication de l'orseille, on pourrait très bien les ajouter à l'ammoniaque dans la proportion nécessaire.

Depuis longtemps, les Anglais ont renoncé à l'emploi de l'urine en nature dans la préparation de l'orseille, ils ont donné la préférence à de l'ammoniaque provenant de la distillation de l'urine avec la chaux (1). Et Bancroff affirme qu'on obtient de plus belles couleurs avec l'ammoniaque pure qu'avec l'esprit d'urine.

Voici ce que Leuchs dit sur la manière de fabriquer en Angleterre. On arrose 1 partie de lichen en poudre (car on moud les lichens dans ce pays) avec 5 parties d'esprit d'urine (2); on couvre le vase, et chaque matin on remue (3). On laisse la pâte dans un endroit modérément chaud, car la chaleur et le grand froid la gâtent. Après quelques jours, la couleur devient rouge-pourpre, puis bleue. Après quatorze jours on met la masse dans des citernes en plomb où elle est remaniée journellement. Après un mois l'opération est terminée.

Il est possible, après tout, que la chaux employée pour caustifier l'ammoniaque de l'urine, et transformée nécessairement en carbonate de chaux donnant une augmentation très sensible de poids, serve ainsi directement les intentions des fabricants. C'est là, à notre avis, une des causes de l'obstination de quelques fabricants à employer l'urine, mais il est clair qu'ils pourraient, en employant de l'alcali, mettre de la craie au lieu de chaux.

Nous devons ici faire une observation à propos de l'emploi des alcalis fixes; potasse, soude et chaux, et surtout des deux premières dans la préparation de l'orseille: cet alcali et leurs carbonates étant solubles comme la couleur de l'orseille, ils persistent dans la pâte et dans les extraits qu'on en retire, et peuvent très bien contrarier les effets qu'on attend des mélanges de l'orseille avec d'autres matières colorantes, le carmin d'indigo, par exemple; avec l'ammoniaque rien de semblable n'est à craindre.

L'ammoniaque qu'on emploie pour extraire la matière colorante des lichens ne doit pas être à son degré commercial, soit 21 à 22 degrés, elle est alors trop concentrée; on la ramène à 15 degrés environ. Comme nous l'avons déjà dit, nous ne savons si les matières qu'on ajoute à l'urine doivent être ajoutées à l'ammoniaque; cela n'est pas probable, mais nous ne pouvons l'assurer d'une manière positive.

N'oublions pas que l'air joue un grand rôle dans le travail, que sans son intervention, l'urine ne peut acquérir de couleur. Ainsi, d'une part, on est obligé d'agir en vases clos, car sans cela, l'ammoniaque se dissiperait dans l'air et n'agirait pas sur le lichen; de l'autre, il est indispensable de donner, de temps à autre, accès à l'air pour qu'il puisse réagir à son tour sur la matière colorante, une fois qu'elle est modifiée par l'alcali; et il y a probablement dans ces influences successives, comme aussi pour la température qui doit régner dans les ateliers, une juste mesure à observer qui fait le point de la difficulté et le tour de main du fabricant. Nous pensons que pour éviter une grande partie de la déperdition de l'ammoniaque, on peut très bien ne pas verser sur le lichen en une seule fois toute la quantité d'alcali nécessaire à la réaction, mais seulement par parties et suivant les besoins.

(1) On met 180 kilogr. d'urine vieille et 6 kilogr. de chaux vive; le produit est leur *esprit d'urine*.

(2) Plus tard, quand le lichen en a beaucoup absorbé, on en verse davantage, un quart.

(3) Bancroff pense que des tonneaux bien cerclés que l'on roulerait de temps en temps seraient préférables.

Un fabricant anglais, M. Robinson, frappé des longueurs des opérations dans le travail de l'orseille et de la nécessité du contact de l'air, a proposé de réduire d'abord les lichens en poudre, d'en faire une espèce de pâte avec de l'alcali et de forcer ladite pâte à sortir par de petits orifices pour avoir un contact plus intime d'air; il conseille de placer la pâte dans un cylindre en métal percé de nombreux orifices dans lequel manœuvre un piston plein chassant la pâte en question. Nous ne savons si ce procédé a été employé, mais il nous semble que son application donnerait lieu à une grande déperdition d'ammoniaque. Le procédé de M. Robinson est breveté.

Plusieurs fabricants d'orseille emploient le procédé suivant quand il s'agit de matières premières d'extraits. Ils attaquent les lichens par de l'eau chaude et même bouillante qui dissout l'orcine; le lichen épuisé est rejeté et la dissolution d'orcine traitée par de l'alcali, avec contact d'air, donne une dissolution d'orseille qu'il suffit de concentrer.

L'opinion de plusieurs fabricants est que le temps de contact des lichens avec l'alcali et l'air atmosphérique, doit toujours être d'une certaine durée pour que toute la matière colorable de ces lichens puisse être extraite et mise à profit. L'on peut préparer de l'orseille en moins de 3 semaines ou un mois, mais cette orseille n'est pas aussi riche en matière colorante que celle travaillée dans cette dernière limite de temps. Ne serait-il pas possible de faire arriver au moyen d'une pompe foulante l'air dans les barques, contenant les lichens, barques qui pourraient être hermétiquement fermées pour pouvoir au besoin recueillir et utiliser l'ammoniaque entraînée par le courant d'air? Ce mode serait surtout employable au procédé que nous venons d'indiquer pour les extraits.

M. Clenchard, fabricant d'orseille, à Paris, a conseillé l'emploi des lichens en teinture au lieu de la pâte d'orseille préparée. Les pièces à teindre seraient nécessairement préparées pour que sous l'influence de l'air et de l'alcali elles puissent prendre la nuance voulue par leur passage dans le bain en question; il paraît que le procédé réussit bien, mais qu'il n'est pas assez expéditif. Ainsi il faut 6 heures pour rendre les pièces qui ne demandent qu'une heure quand le bain est préparé avec de l'orseille en pâte.

Comme nous l'avons déjà dit, les manipulations dans les fabriques d'orseille doivent varier suivant les fabricants, suivant les nuances qu'ils veulent obtenir; il faudrait nécessairement être du métier pour entrer dans le détail de ces opérations.

Outre l'orseille en pâte, on trouve encore dans le commerce l'extrait ou carmin d'orseille; on obtient cet extrait comme tous les extraits colorants, c'est-à-dire qu'on épuise par l'eau la pâte d'orseille, et que la liqueur obtenue, filtrée au besoin, est évaporée de manière à former une masse solide. La température doit être convenablement graduée dans cette évaporation, car la matière colorante est facilement attaquée. Aussi généralement l'évaporation se fait à la vapeur. Pour obtenir 1 kilogr. de bon extrait, on emploie à peu près 2 kilogr. d'orseille en pâte.

On obtient avec l'orseille les couleurs amarante, grenat, et les dérivés, avec des teintes belles, vives et éclatantes, mais en petit teint; on peut appliquer cette matière colorante sans mordants sur la laine et sur la soie car les mordants n'augmentent guère sa solidité. On emploie fréquemment l'orseille comme fond pour les draps qui doivent être teints avec l'indigo ou la cochenille, et aussi pour les draps qui doivent être teints en rose par la garance, parce que cette dernière seule donne une nuance qui tire trop vers le jaune. On n'a pu jusqu'à présent fixer la couleur de l'orseille sur le coton, du moins avec les teintes vives qui font toute

sa beauté. Robiquet s'est beaucoup occupé de cette question, mais il n'a pu arriver à un résultat satisfaisant.

Nous avons déjà indiqué l'action des acides et alcalis sur cette matière colorante, ajoutons que le sel ordinaire rend plus claire sa couleur cramoisie, le sel ammoniac la rend rouge de rubis. L'alun forme un précipité rouge-brun, et la liqueur devient d'un rouge jaunâtre. Le sel d'étain produit un précipité rougeâtre qui tombe lentement, la liqueur surnageante reste rougeâtre. Le sulfate de fer forme un précipité brun foncé, le sulfate de cuivre un précipité brun de cerise.

L'orseille en pâte est spécialement employée par les teinturiers; les imprimeurs en étoffes ne font usage que de l'extrait qu'ils préparent eux-mêmes ou qu'ils achètent tout fabriqué.

L'orseille en pâte, bonne qualité, se vend aujourd'hui environ 55 fr. les 100 kilogr.; elle se vendait encore 75 fr. il y a sept ans. Ainsi le prix d'aujourd'hui n'est pas tout à fait le bénéfice fait, il y a trente ans à peu près, par les fabricants de cette matière colorante dont les produits jouissaient dans le commerce d'une bonne réputation. Le bas prix de l'alcali a contribué pour sa part à la décroissance progressive du prix de l'orseille. L'Auvergne et Lyon étaient jadis en possession presque exclusive de la fabrication de ce produit; c'est aujourd'hui Paris qui a centralisé cette industrie à côté de beaucoup d'autres. C'est à Paris, en effet, ou dans son rayon industriel, que se tient et s'imprime la majeure partie des étoffes de laine destinées soit au marché intérieur, soit à l'exportation; la teinture et l'impression de ces étoffes étant sous l'influence immédiate de la mode qui depuis longtemps a établi le siége de son empire sur les rives de la Seine.

L'importance de toute la fabrication de l'orseille, en France, peut être évaluée à 1,400,000 fr. à peu près par an.

Le *cud-beard* ou *persio* n'est autre chose que l'orseille, avec cette différence qu'on le livre au commerce, sous la forme d'une poudre rouge-violet, d'une odeur particulière peu désagréable. Il se dissout en partie dans l'eau bouillante.

La préparation est la même que celle de l'orseille, seulement à la fin on fait sécher la matière à l'air, et on la fait moudre très fin. A. MALLET.

OS (*angl.* bones, *all.* knochen). Les os des animaux sont formés de deux substances entièrement distinctes, l'une de nature organique, l'autre saline et composée d'un mélange de phosphate de carbonate de chaux. La matière organique sert à la confection de la colle-forte et de la gélatine alimentaire; les résidus salins à la préparation du phosphore. Lorsqu'on calcine les os au rouge, en vase clos, on obtient le NOIR ANIMAL, agent décolorant par excellence. Les os de choix remplacent l'ivoire pour les ouvrages communs de tabletterie. Enfin, les os, préalablement broyés, forment un engrais très durable et excellent, surtout pour les céréales.

OSMIUM. Métal découvert par Tennant, en 1803, dans les minerais de platine. Il n'a, ainsi que les composés, aucun emploi dans les arts.

OUTILS. Nous avons passé en revue les divers outils d'une manière générale à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et avons parlé de leur importance, de l'utilité de l'acier et de sa propriété d'acquérir une grande dureté par la trempe. Nous sommes revenus sur l'étude des formes nécessaires dans chaque cas, en les traitant plus en détail aux articles spéciaux. Nous voulons seulement revenir ici sur les qualités qui font le mérite de tout outil tranchant. Il dépend de l'excellence de l'acier dont il est fait, du soin qu'on met à forger, durcir et tremper, mais surtout, et c'est là le point sur lequel nous voulons insister, de l'angle de son tranchant, eu égard à la position qu'il occupe pendant le travail, et à la nature de ce travail. L'épaisseur de la lame au tranchant et par suite la petitesse de l'angle qu'on peut donner à celui-ci dépend de la dureté de la substance sur laquelle on opère. Ainsi nous voyons que les ciseaux pour tailler le bois tendre sont plus minces que ceux qu'on emploie pour les espèces plus dures, et ceux-ci encore plus aigus que les ciseaux employés pour couper les métaux; en résumé, plus la résistance offerte par la matière qu'on coupe est grande, plus l'angle de l'outil doit être obtus. Quant à l'angle en lui-même qu'il s'agit d'obtenir, le principe a été formulé d'une manière générale par M. Nasmyth, et est également applicable à un mouvement rectiligne ou circulaire. Il se déduit de la considération de la direction dans laquelle on doit couper ou pénétrer dans le métal. Pour le premier cas, comme dans la machine à planer, il est évident que si la face antérieure de l'outil est à angle droit avec la surface plane de la matière que l'on coupe, et conséquemment si son angle tranchant est obtus, il ne possédera peu ou point de qualités tranchantes; un tel outil ne ferait qu'écorcher ou probablement écraser les parcelles de métal. Si nous passons à l'extrémité opposée, si nous donnons au tranchant la forme d'un angle extrêmement aigu, nous trouverons que la pointe étant faible se casserait, serait incapable de résister à la moindre pression.

En recherchant ces faits, et d'autres aussi évidents, M. Nasmyth conclut qu'un outil de la forme représentée dans la fig. 3423 remplit toutes les conditions voulues, réunissant à un haut degré les qualités d'un tranchant coupant et solide; la première, par l'acuité pour la pénétration, et la dernière par l'épaisseur derrière le tranchant, donnant de la résistance où elle est nécessaire. La qualité de ces outils, bien reconnue par expérience, permet d'établir le principe suivant : savoir, qu'en formant ou dressant un outil pour couper toute surface, il est nécessaire de le disposer de telle façon à *ce que son extrémité forme l'angle le plus petit possible avec la surface qu'on attaque*, en lui laissant une résistance suffisante eu égard à la cohésion de la matière à travailler; ou, en d'autres termes, que la face voisine à la matière à travailler doit être presque parallèle à la surface de celle-ci, et que le degré d'acuité convenable doit être obtenu en creusant la face antérieure, sur laquelle glissent les copeaux. On peut trouver un exemple familier et frappant de ce principe dans le rabot ordinaire du menuisier. En montant le fer du rabot, qui est ici l'instrument tranchant, dans le bois, la semelle du rabot en limite nécessairement l'enfoncement, et le limite à la pénétration nécessaire pour enlever un copeau d'épaisseur convenable. En outre, il est remarquable que les faces du fer du rabot et la face plate près du bois satisfont aux conditions ci-dessus indiquées, et notamment que la face affûtée du ciseau et la surface du bois lui-même forment le plus petit angle possible.



3423.

Le même principe s'applique à tous les outils, aussi bien aux mèches des outils à percer qu'aux burins qui servent à tourner, etc.

OUTREMER (*angl.* et *all.* ultramarin). On extrait cette couleur, qui possède une teinte bleue extrêmement riche, du *lapis-lazuli* ou *lazulite*, minéral assez rare qui nous arrive surtout de la Bucharie, par la voie d'Orenbourg, et qui est composé, d'après Warrentrapp, de :

Silice	45,40
Alumine	31,67
Soude	9,09
Acide sulfurique	5,89
Soufre	0,95
Chaux	3,52
Fer	0,52
Chlore	0,42
Eau	0,12
	97,92

Le lapis-lazuli se présente en masses peu volumineuses, dont la densité = 2,75 — 2,95, d'un bleu d'azur très brillant, d'une texture grenue et légèrement lamelleuse. L'on y trouve presque toujours disséminés des grains de pyrites d'un beau jaune d'or, qui, ressortant sur le fond bleu de la pierre, font un bel effet comme objet d'ornement. Le lapis-lazuli fond au chalumeau en donnant un émail blanc; sous l'influence des acides, il perd également sa couleur et donne de la silice gélatineuse.

On extrait l'outremer naturel employé en peinture, des échantillons de lapis-lazuli les moins beaux et les moins riches, de la manière suivante : on concasse grossièrement la pierre et on trie à la main tous les morceaux de gangue stérile que l'on rejette; on introduit le reste dans un creuset et on le chauffe au rouge sombre, puis on l'étonne en le jetant encore rouge dans du vinaigre, où on le laisse digérer plusieurs jours pour dissoudre la chaux mécaniquement mélangée. On porphyrise alors avec soin le lapis-lazuli, et on l'incorpore avec son poids d'un mélange fondu composé de 8 parties de résine, 4 p. de cire vierge, 5 p. d'huile de lin et 3 p. de poix de Bourgogne. On lave ensuite la pâte ainsi obtenue, dans de l'eau chauffée à 32° environ, en la malaxant ; l'eau sépare une partie de l'outremer, on décante l'eau et on laisse déposer la couleur. On traite le résidu par de nouvelles quantités d'eau, et on obtient ainsi de l'outremer de moins en moins brillant ; les dernières portions sont d'un gris à peine teinté de bleu ; on les désigne sous le nom de *cendres d'outremer*. 1k de lapis-lazuli, valant actuellement environ 120 à 150 fr., donne de 500 à 600 grammes d'outremer et de cendres d'outremer, ce qui porte le prix de cette couleur à un taux très élevé ; il a même été jusqu'à 1.500 francs les 500 grammes.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale, ayant proposé un prix de 6.000 fr. pour un procédé propre à donner de l'outremer artificiel ne coûtant pas plus de 200 fr. les 500 grammes, M. Guimet l'obtint, et parvint, dès 1827, à livrer au commerce un outremer artificiel d'une teinte bleue magnifique, plus riche que celle du plus bel outremer, mais un peu violacée. Tout récemment, M. Courtial, fabricant à Grenelle, est parvenu à faire de l'outremer tout aussi beau que celui de M. Guimet, avec lequel il s'est associé depuis ; mais les procédés que suivent ces deux fabricants ont été tenus secrets et ne sont pas connus.

M. Gmelin et Robiquet ont fait également des recherches à ce sujet et ont publié leurs procédés, mais en suivant leurs prescriptions, l'outremer que l'on obtient a presque toujours une teinte verdâtre plus ou moins prononcée.

On fabrique actuellement en Allemagne, depuis quelques années, aux environs de Nuremberg, une grande quantité d'outremer artificiel pour les besoins du commerce. Nous allons en indiquer sommairement, d'après M. Pruckner, les procédés de fabrication (Voir, pour plus de détails, la note que nous avons insérée dans les *Annales des mines*, 4e série, tome VI, pages 493 et suivantes.)

On prend de l'argile très alumineuse, aussi exempte de fer que possible, et grossièrement concassée avec un pilon de bois, que l'on met dans des cuves rectangulaires de 2m de longueur sur 1m de largeur ; on l'arrose d'eau et on l'abandonne à elle-même pendant quelques jours. Elle se délite et se réduit en bouillie, que l'on purifie par lévigation et dépôt, de la même manière que dans les fabriques de porcelaine, pour en séparer le sable et les parties les plus grosses. On la conserve ensuite dans des cuves placées sous un hangar couvert, à l'état d'une pâte molle, dont on détermine rigoureusement par un essai la teneur en argile sèche, chaque fois qu'on veut s'en servir pour la préparation de l'outremer.

D'un autre côté, on prend le sulfate de soude impur, résidu de la fabrication de l'acide hydrochlorique, on le concasse en morceaux de 1 décimètre cube environ, que l'on plonge un instant dans l'eau, parce que l'expérience a prouvé que l'acide libre se dégage beaucoup plus aisément d'un sel humide que d'un sel desséché ; puis on les charge sur la sole d'un fourneau à réverbère, que l'on remplit presque jusqu'à la voûte, en disposant les morceaux de telle sorte, que la flamme puisse circuler aisément sur leurs faces. On chauffe graduellement jusqu'au rouge naissant, et jusqu'à ce que tout l'acide libre ait été expulsé. Le sel calciné est aussitôt pulvérisé au bocard à sec ou entre des meules, en grains de la grosseur de ceux de la poudre de mine, et mélangé dans un tonneau tournant sur son axe, avec du charbon et de la chaux éteinte, dans les proportions suivantes :

Sulfate de soude	100 parties
Charbon de bois pulvérisé	33 —
Chaux éteinte à l'air	40 —

Ce mélange est introduit sur la sole d'un fourneau à réverbère et recouvert de 3 à 4 centimètres de chaux éteinte, que l'on tasse dessus avec une pelle de fer. On ferme alors toutes les portes du fourneau, et dès que la masse est en pleine fusion, on la brasse vivement, en y rejetant quelques pelletées de charbon pulvérisé, puis on laisse reposer quelque temps, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de gaz enflammés de la surface du bain. On puise alors le sulfure de sodium avec des poches, et on le verse dans des moules plats en fonte où il se solidifie.

On dissout dans l'eau bouillante le sulfure de sodium mélangé de carbonate de soude ainsi obtenu, puis on laisse clarifier la dissolution, à l'abri du contact de l'air, dans des cuves de dépôt, où elle abandonne du carbonate et un peu de sulfate de chaux, souvent un peu de sulfate de soude cristallisé, qui est calciné et retraité comme il vient d'être dit, et du charbon très divisé qui ne se dépose qu'au bout de quelques jours. Il est très important de laisser reposer le plus longtemps possible, parce que les moindres particules de charbon suffisent pour altérer le feu de l'outremer. On sature ensuite à chaud, cette dissolution décantée, avec du soufre réduit en poudre, et on la concentre par l'ébullition jusqu'à ce qu'elle renferme 25 pour 100 de bi-sulfure de sodium sec ; elle a alors une densité d'environ 1,30 et marque 25° à l'aréomètre de Baumé. On emploie 40 à 50 parties de soufre par 100 parties de proto-sulfure de sodium fondu. Après avoir laissé la dissolution de sulfure de sodium déposer le léger excès de soufre qu'elle renferme, on la transvase dans de grandes cruches en verre, que l'on bouche avec soin, pour la préserver du contact de l'air, et pouvoir la conserver jusqu'au moment où on doit l'employer.

Les matières premières étant préparées, on procède comme il suit à la fabrication de l'outremer : on éva-

pore jusqu'à consistance sirupeuse, dans une chaudière plate en fonte, 50 kilogr. de la dissolution de sulfure de sodium ci-dessus, puis on y ajoute une quantité d'argile lavée, encore humide, correspondante à 12 kilogr. 1/2 d'argile sèche, et on mélange le tout aussi intimement que possible à l'aide d'une forte spatule en fer. Pendant que la masse se laisse encore brasser aisément, on y ajoute, par petites portions, une dissolution de 150 gr. de sulfate de fer cristallisé, complètement exempt de cuivre, et on mélange le tout avec le plus grand soin ; on peut, si l'on veut, ajouter d'abord la dissolution du sulfate de fer, puis ensuite l'argile. Aussitôt après l'addition du sulfate de fer, le mélange prend une couleur vert jaunâtre, due à la formation du sulfure de fer ; on continue à le brasser jusqu'à complète évaporation à siccité, et, après l'avoir détaché de la chaudière, on le réduit immédiatement à sec en poudre aussi ténue que possible.

Cette poudre est chargée dans des moufles de $0^m,50$ à $0^m,60$ de largeur sur $0^m,30$ à $0^m,35$ de hauteur, et $0^m,80$ de profondeur, placées dans des fourneaux à réverbère appropriés, de manière à former sur la sole une couche de $0^m,06$ à $0^m,08$ d'épaisseur, ce qui correspond pour chaque moufle à un poids de 15 à 20 kilogr. On active progressivement le feu jusqu'à ce que toute la masse soit arrivée au rouge, et on la laisse dans cet état pendant trois quarts d'heure à une heure, en renouvelant fréquemment les surfaces et en donnant libre accès à l'air. La masse se colore successivement en brun de foie, rouge, vert et bleu. Cette opération réclame beaucoup d'attention et d'habitude ; une chaleur trop faible ne produit point d'outremer, tandis qu'une chaleur trop forte et trop longtemps prolongée en altère la beauté.

On retire alors la matière de la moufle et on l'épuise en la lavant avec de l'eau. Les eaux de lavage, qui renferment du sulfure de sodium, du sulfate et du soussulfate de soude, n'ont reçu jusqu'ici aucun emploi, mais on pourrait s'en servir pour préparer du sulfure de sodium. Les résidus du lavage sont égouttés dans des chausses en toile d'un tissu serré, puis desséchés à l'étuve. Leur couleur est le plus ordinairement d'un vert ou bleu noirâtre.

La masse desséchée est ensuite finement pulvérisée et passée au tamis de soie, puis calcinée de nouveau par portions de 5 à 7 kilogr., dans des moufles qui ne servent qu'à cette opération, et qui ont de $0^m,45$ à $0^m,50$ de largeur sur $0^m,80$ à $0^m,90$ de profondeur. On entretient un feu modéré, et une chaleur rouge peu intense suffit pour produire la couleur désirée. Aussitôt que la couleur bleue commence à paraître, on renouvelle constamment les surfaces avec un ringard en fer, jusqu'au moment où la couleur est devenue d'un beau bleu pur ; l'opération dure de 1/2 à 3/4 d'heure. Il n'y a aucun avantage à la prolonger ou à augmenter l'intensité du feu. On retire la poudre et on la laisse refroidir, au contact de l'air, sur des plaques de granite. Il arrive souvent, mais pas toujours, que la couleur acquiert par le refroidissement bien plus de feu et de beauté.

L'outremer est ensuite broyé sous des meules de granite, puis séparé par lévigation, en diverses sortes qui portent les numéros 0/0, 0, 1, 2, 3, 4, etc...

P. DEBETTE.

OXALATES. Les oxalates sont les sels formés par l'acide oxalique. Lorsqu'on les calcine en vase clos, ils se décomposent et donnent des carbonates, si les bases sont fortes ; des oxydes, si elles sont faibles ; et même les oxydes sont ramenés à l'état métallique, s'ils sont facilement réductibles : il n'y a jamais de résidu charbonneux. Chauffés avec l'acide sulfurique concentré, ils dégagent des volumes égaux d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. Avec les sels de chaux, ils donnent un précipité blanc.

Le *bi-oxalate de potasse* est peu soluble dans l'eau. Si on neutralise la dissolution par la potasse, on obtient l'*oxalate neutre de potasse*, qui est beaucoup plus soluble ; si, au contraire, on ajoute un excès d'acide oxalique, on obtient le *quadroxalate de potasse* moins soluble que les deux précédents. Le bi-oxalate, plus connu sous le nom de *sel d'oseille*, se trouve tout formé dans plusieurs végétaux, et en particulier dans l'oseille, d'où on le retire en pilant la plante, en extrayant le jus, lui faisant jeter un bouillon pour le clarifier (1), filtrant à travers une toile, évaporant jusqu'à pellicule, laissant ensuite cristalliser dans des terrines, et purifiant les cristaux obtenus en les redissolvant et les faisant cristalliser de nouveau. On prépare directement en France la plus grande partie de ce sel, en neutralisant une certaine quantité d'acide oxalique par une dissolution de potasse, ajoutant une quantité égale d'acide oxalique et faisant cristalliser. Le sel d'oseille est très employé pour enlever les taches d'encre. On s'en sert pour faire la *limonade sèche*, qui n'est autre chose qu'un mélange de ce sel avec du sucre en poudre et quelques gouttes d'essence de citron. Les *pastilles contre la soif* se font en ajoutant au mélange précédent du mucilage de gomme adragante, de manière à en faire une pâte qu'on divise en pastilles au moyen d'un emporte-pièce.

Le *bi-oxalate de soude*, qui peut remplacer le précédent, se trouve dans quelques végétaux marins ; on peut aussi le préparer directement.

L'*oxalate d'ammoniaque* se prépare directement, en saturant l'acide oxalique par de l'ammoniaque, évaporant jusqu'à pellicule et faisant cristalliser ; il est très employé dans les laboratoires pour séparer la chaux dans les analyses chimiques.

ACIDE OXALIQUE (*angl.* oxalic acid, *all.* kleesaüre). Cet acide se décompose par la chaleur, ou, lorsqu'on le chauffe avec de l'acide sulfurique, en volumes égaux d'oxyde de carbone et d'acide carbonique sans résidu, il précipite les sels de chaux en blanc. Il forme des sels anhydres, d'où l'on tire pour sa composition :

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Carbone.} \ldots & 33{,}77 \\ \text{Oxygène.} \ldots & 66{,}23\end{array}\right\} C^2O^3$$

Mais isolé, à l'état libre, il renferme toujours au moins, lorsqu'il est desséché, 1 équivalent ou 19,90 pour 100 d'eau, et cristallisé, 3 équivalents ou 42,70 pour 100 d'eau.

On retire cet acide du sel d'oseille ou bi-oxalate de potasse, en le précipitant par l'acétate de plomb. On décompose l'oxalate de plomb obtenu par l'hydrogène sulfuré ou par l'acide sulfurique, en faisant digérer la liqueur, dans ce dernier cas, avec de l'oxalate de baryte pour se débarrasser de l'excès d'acide sulfurique.

Le sucre, l'amidon, le ligneux, et, en un mot, la plupart des matières organiques, se transforment en acide oxalique, quand on les traite par une quantité convenable d'acide nitrique. C'est maintenant ainsi qu'on le prépare presque toujours pour les besoins du commerce. En général, on préfère le sucre, quand on veut l'obtenir pur avec facilité. Avec 3 parties de sucre et 30 parties d'acide nitrique à 1,42 de densité, on peut produire une partie d'acide oxalique. Il faut chauffer d'abord avec ménagement, puis faire bouillir le mélange, et évaporer la liqueur jusqu'à consistance presque sirupeuse. Le dégagement de gaz acide carbonique et de vapeurs nitreuses est très abondant ; celles-ci peuvent être employées pour la conversion du soufre en acide sulfurique. Les cristaux que l'on obtient doivent être égouttés et soumis à une nouvelle cristallisation.

L'acide oxalique est employé comme mordant dans la fabrication des toiles peintes, ainsi que pour enlever les taches d'encre et de rouille.

(1) On facilite cette clarification en ajoutant du blanc d'œuf ou même du noir animal.

OXYDATION. Voyez ÉTAMAGE.

OXYDES. Nom générique des combinaisons binaires de l'oxygène avec les autres corps simples. Les oxydes de tous les métaux, dont nous nous occuperons exclusivement dans cet article, sont tous solides; il n'y en a qu'un très petit nombre qui jouissent de l'éclat métallique : tels sont les fers oxydulé et oligiste, quelques oxydes de manganèse, etc. ; ils perdent cet éclat par la trituration; leur couleur est, en général, différente de celle du métal qui les produit : cette couleur est souvent très belle et très éclatante; aussi cette classe de corps fournit des matériaux précieux à la peinture. Leur densité est toujours moindre que celle du métal qui leur sert de base. Ils sont inodores, excepté ceux d'antimoine et d'osmium à l'état de vapeurs. Ils sont tous fixes ou à peu près, à l'exception du protoxyde d'antimoine et des acides molybdique et osmique. Un grand nombre sont fusibles. La chaleur réduit complétement les oxydes d'argent, de mercure, d'or, de platine et des nombreux métaux qui accompagnent ce dernier. Elle ramène à un moindre degré d'oxydation les peroxydes et deutoxydes de chrôme, de manganèse, de plomb, etc. ; beaucoup de protoxydes se peroxydent par le grillage. Le carbone, mélangé intimement avec les oxydes, les réduit presque tous ; il en réduit même un grand nombre par cémentation. L'hydrogène et le soufre sont dans le même cas. Par voie sèche, le chlore attaque tous les oxydes, lorsqu'ils sont mélangés de charbon. Le fer et l'étain réduisent, à l'aide de la chaleur, les oxydes de presque tous les métaux. Les oxydes sont presque tous insolubles dans l'eau; mais ils sont tous susceptibles de se combiner avec elle pour former des *hydrates*.

Les acides ont une grande tendance à se combiner avec les oxydes, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrates, pour former des sels. Cependant il y a certains oxydes, comme les peroxydes de manganèse et de chrôme, qui ne se dissolvent dans les acides qu'en abandonnant une certaine portion de leur oxygène. L'acide nitrique dissout la plupart des oxydes, à l'exception des peroxydes d'étain, d'antimoine, de plomb, de manganèse, etc. ; il suroxyde, à l'aide de la chaleur, les protoxydes de fer, de cuivre, de mercure, d'étain, d'antimoine, etc. L'acide sulfurique se combine aisément avec la plupart des oxydes; cependant il paraît généralement moins énergique sous ce rapport que l'acide hydrochlorique, qui les dissout presque tous, en donnant lieu à un dégagement de chlore avec beaucoup de peroxydes, celui de manganèse, par exemple.

Quelques oxydes métalliques, jouant pour la plupart le rôle d'acides, sont susceptibles de se combiner avec la potasse et la soude, soit par voie humide, soit par voie sèche, tels sont les oxydes de zinc et de plomb, les acides chrômique, stannique, antimonique, tungstique, uranique, etc. L'ammoniaque dissout, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrate, les oxydes de zinc, de cuivre, d'argent, les acides chrômique, tungstique, les oxydes de nickel, de cobalt, de fer, etc. Le nitre et le chlorate de potasse suroxydent par voie sèche tous les oxydes susceptibles de produire des peroxydes ou des acides permanents à la chaleur blanche.

Les oxydes qui jouent le rôle des bases les plus fortes sont l'oxyde d'argent, les protoxydes de plomb, de fer, de manganèse, de nickel, de cobalt, de zinc, et les deutoxydes de mercure et de cuivre.

Les hydrates des oxydes blancs sont eux-mêmes blancs; ceux des oxydes colorés sont aussi colorés; mais leurs couleurs sont différentes de celles des oxydes. Ces couleurs sont souvent très belles et très brillantes. Les hydrates sont, en général, très facilement décomposables par la chaleur ; quelques-uns, celui de deutoxyde de cuivre par exemple, se décomposent même dans l'eau bouillante. Ils sont tous beaucoup plus facilement attaquables par les acides et par les alcalis que leurs oxydes. Ils ne se forment pas directement : on ne les obtient qu'en précipitant les dissolutions métalliques par les alcalis caustiques en excès.

Les oxydes étant en très grand nombre, on ne peut les obtenir tous par les mêmes procédés. On en trouve un grand nombre, dans le règne minéral, à l'état de pureté parfaite. Quelques-uns n'existent qu'en combinaison, à l'état de sels, et ne peuvent être isolés sans se décomposer, les protoxydes de fer et de mercure, par exemple. On les prépare par l'un ou l'autre des procédés suivants.

1° On expose au contact de l'air un métal en fusion et l'on enlève l'oxyde à mesure qu'il se forme à la surface du bain (litharge, etc.).

2° On grille, à une chaleur convenable, un oxyde susceptible d'absorber encore de l'oxygène (minium, etc.).

3° On calcine, à une température plus ou moins élevée, les peroxydes susceptibles de perdre une certaine dose d'oxygène par l'action de la chaleur (oxyde rouge de manganèse, etc.).

4° On chauffe le mélange d'un oxyde et du métal correspondant dans des proportions convenables (protoxydes d'antimoine, de cuivre, etc.).

5° On fait passer un courant de vapeur d'eau sur un métal réduit en limaille et chauffé au blanc dans un tube de porcelaine (oxyde de fer magnétique).

6° On fait bouillir un métal avec de l'acide nitrique concentré, on évapore à sec et on calcine au rouge (peroxyde de fer, acide antimonieux, acide stannique, etc.).

7° On traite un oxyde intermédiaire par l'acide nitrique, lorsque cet acide peut le partager en protoxyde soluble et en peroxyde insoluble (peroxydes de plomb, de manganèse, etc.).

8° On précipite une dissolution métallique, soit par un alcali caustique, soit par un carbonate alcalin, et l'on calcine le précipité, qui est un hydrate ou un carbonate. On prépare par ce moyen un très grand nombre d'oxydes.

9° On précipite une dissolution métallique par un hypo-chlorite alcalin, on obtient un chlorure soluble et un peroxyde hydraté, que l'on peut souvent amener à l'état anhydre sans le décomposer, en le chauffant avec ménagement (peroxydes de manganèse, cobalt, etc.).

10° On prépare, le plus souvent, les oxydes métalliques qui jouent le rôle d'acide, en traitant par le nitre, à la chaleur rouge, les oxydes ou les minéraux qui renferment le même radical et en décomposant ensuite le sel de potasse qui se produit par un acide plus fort (acides *chrômique*, etc.).

OXYGÈNE (*angl.* oxygen, *all.* sauerstoff). Corps simple gazeux, permanent, incolore, insipide, inodore, dont la densité = 1,1026. L'eau en dissout 0,035 de son volume, quantité insignifiante en poids. Comprimé avec force et rapidité dans un corps de pompe, il développe de la lumière et une chaleur suffisante pour allumer de l'amadou. C'est de tous les corps celui qui active le plus la combustion. Le protoxyde d'azote seul partage avec lui, mais à un moindre degré, cette propriété qu'il doit à l'oxygène qu'il renferme. C'est le seul gaz propre à la respiration et susceptible de transformer le sang veineux en sang artériel : son action est tempérée dans l'air que nous respirons par le mélange d'un gaz inerte, l'azote. A la température ordinaire, l'oxygène n'agit que sur un très petit nombre de corps; mais, quand on les chauffe au rouge, un certain nombre, le fer par exemple, brûlent dans ce gaz avec un éclat que la vue ne peut supporter. L'oxygène est de tous les éléments celui qui est le plus répandu dans la nature ; il fait partie de l'immense majorité des substances minérales qui composent l'écorce terrestre; il constitue

les 0,21 de l'air atmosphérique et les 0,889 de l'eau.

On prépare ce gaz, soit en calcinant du peroxyde de manganèse au blanc, dans une cornue : il se forme alors de l'oxyde rouge de manganèse, et il se dégage le tiers de l'oxygène que renfermait le peroxyde, soit en traitant à chaud le péroxyde de manganèse par l'acide sulfurique : il se forme du sulfate de protoxyde de manganèse, et il se dégage la moitié de l'oxygène que renfermait le peroxyde ; soit enfin en chauffant avec ménagement, dans une petite cornue de verre, du chlorate de potasse : il se forme d'abord du chlorure de potassium et de l'hyperchlorate de potasse, lequel se décompose lui-même à une température plus élevée, en laissant un résidu de chlorure de potassium, et il se dégage en tout 6 équiv. d'oxygène ou 32 pour 100 environ du poids du chlorate employé.

P

PACKFONG. Voyez NICKEL.

PAILLE. Voyez CHAPEAUX DE PAILLE.

PAILLETTES. Petits disques minces percés dans le milieu. Voyez CANNETILLE.

PAIN. La confection du pain consiste en deux opérations distinctes : la préparation de la pâte, nommée pétrissage, et la cuisson de cette pâte quand elle a été pétrie et mise sous la forme qu'on veut donner au pain.

La conversion de la farine en pain se fait en l'hydratant de manière à dissoudre ses parties solubles, la glucose et la dextrine et à pénétrer d'eau les principes insolubles, tels que l'albumine, la caséine, la fibrine et la fécule. Mais, par une simple addition d'eau et un pétrissage prolongé, le pain que donnerait la farine ne consisterait qu'en une masse compacte, lourde et indigeste. Il est nécessaire de recourir à un agent qui, en déterminant la fermentation de la pâte, développe de l'acide carbonique. Ce gaz, en se dégageant, augmente le volume de la pâte et y produit des vides nombreux ; pendant la cuisson, ces vides augmentent de volume, en même temps que la vapeur d'eau qui se dégage ajoute encore au gonflement du pain.

L'effet utile de la fermentation panaire consiste donc dans le dégagement du gaz acide carbonique ; de plus, il y a production d'alcool et d'acide acétique dont l'odeur accuse la marche de l'opération.

La cuisson de la pâte, tout en éliminant l'excès d'eau, forme une croûte qui maintient la forme du pain et, par sa cohésion, la défend des altérations spontanées ; cette croûte, par l'altération de la matière organique, se colore d'autant plus que le pain est soumis à l'action d'une plus haute température et qu'il renferme plus d'eau.

L'agent employé, par les boulangers, pour faire lever la pâte est de deux sortes : le *levain de pâte fermentée*, et la *levure de bière* ou ferment. Ces deux matières peuvent s'employer ensemble ou séparément.

Le *levain* est une portion de pâte prélevée à la fin de chaque opération et qui est employée pour les pétrissages suivants ; mais ce levain a besoin de subir plusieurs préparations qui le rendent apte à remplir son but. Il doit être placé dans un endroit où la température soit uniforme pendant toute l'année, et où rien ne puisse arrêter sa fermentation. On le laisse ainsi 7 à 8 heures pendant lesquelles son volume double sans que sa forme change ; il est alors plus léger que l'eau et dégage une odeur spiritueuse agréable. On a alors ce que l'on nomme *levain de chef*. Environ 9 heures après la préparation de ce levain, on le pétrit avec une quantité d'eau et de farine suffisante pour doubler son volume, tout en conservant le mélange très ferme, on a ce que l'on nomme le *levain de première*. Six heures après ce second travail, on renouvelle ce dernier levain en préparant le *levain de seconde*, qui s'obtient en faisant subir au précédent un travail tout à fait semblable à celui qui a servi à le préparer, seulement on ajoute proportionnellement plus d'eau que de farine pour avoir une pâte plus molle. Le volume du levain a encore doublé par cette troisième opération. Enfin une dernière manutention, faite avec beaucoup de soin et semblable en tout aux précédentes, donne le *levain de tout point*, dont le volume doit être tel qu'il fasse le tiers d'une fournée en été et la moitié seulement en hiver.

Nous avons dit qu'on employait la levure de bière comme auxiliaire à la fermentation panaire ; on en emploie un kilogramme pour deux fournées. Quand la levure, qu'on emploie sèche, n'a pas été falsifiée, elle active beaucoup le travail et fournit des pâtes très légères ; employée en trop forte proportion, elle donne au pain une saveur désagréable, car elle s'altère rapidement ; aussi le pain doit être, dans ce cas, mangé tendre.

Lorsque le *levain de tout point* est prêt, on opère le *pétrissage*, opération qu'on peut diviser en quatre temps nommés : *délayure*, *frase*, *contre-frase* et *découpage*.

On commence par verser sur le levain toute l'eau nécessaire à la fabrication de la pâte et, à l'aide des mains ouvertes, on presse la masse de manière à la bien diviser en la rendant aussi liquide que possible, afin qu'il ne reste aucuns grumeaux. Quand la masse est bien délayée, on y introduit, par portions, la quantité de farine nécessaire à former la pâte ; on opère rapidement le mélange sans retirer les mains. C'est de cette opération, qui constitue la frase, que dépend le bon pétrissage.

On ratisse alors le pétrin pour réunir toutes les portions de pâte en une seule masse, puis on contre-frase, c'est-à-dire qu'on relève la pâte de droite à gauche à la tête du pétrin, en la retournant en gros pâtons qu'on travaille successivement pour les reporter de gauche à droite. On soulève la pâte, on la replie sur elle même pour l'étirer et ensuite la laisser tomber avec effort en la jetant sur les parties déjà travaillées, ce qui facilite le développement de la pâte en y permettant l'introduction de l'air.

On ratisse de nouveau le pétrin et on prend la moitié de la pâte pour l'employer comme levain à la fournée suivante.

On procède alors au *bassinage*, opération qui consiste à faire absorber à la pâte une plus grande quantité d'eau. Cette opération, qui est très fatigante, s'emploie souvent pour arrêter la fermentation.

On introduit généralement du sel dans le pain, surtout quand on doit le conserver ; car le sel, tout en donnant du goût au pain, retarde sa fermentation. Le sel est jeté par poignées sur le levain avant d'y mettre l'eau. A Paris, on emploie un demi-kilogr. de sel par sac de farine du poids de 159^k. En Angleterre, on met 2^k de sel par sac de 125^k, quelquefois on met moitié sel et moitié alun.

On distingue, à Paris, trois sortes de pâtes : la pâte ferme, la pâte bâtarde et la pâte douce.

Dans la *pâte ferme*, il entre proportionnellement plus de farine que dans les autres, et elle donne moins de déchet à la cuisson, en outre le pain se conserve mieux en même temps que son pouvoir nutritif est plus considérable.

La *pâte douce*, moins riche en farine, demande un plus grand travail, mais sa cuisson est plus courte; toutefois, si la pâte n'est pas bien apprêtée, elle donne un déchet considérable au four.

Quant à la *pâte bâtarde*, elle tient le milieu entre les deux autres, c'est la plus généralement employée.

La pâte, une fois pétrie, on opère sa division et sa pesée; mais comme, par l'évaporation qui se produit, il y a une perte de poids, on est obligé d'en mettre un excédant qui permette de retrouver, après la cuisson, le poids fixé par les règlements.

On ajoute donc à la pâte en la pesant :

Pour les pains ronds de	6 kilog.,		61	décagrammes.
Pour ceux de	4	»	49	»
Pour ceux de	3	»	43	»
Pour ceux de	2	»	28	»
Pour ceux de	1	»	18 à 19	»

Après avoir pesé la pâte, on lui donne la forme que les pains doivent avoir; on a soin alors de la saupoudrer de farine pour qu'elle ne s'attache ni aux mains ni au pétrin.

D'après leur forme, on désigne les pains sous plusieurs noms, on distingue : les *pains fendus* longs ou courts; les *pains sans grigns* ou *à grignon*, dont la fente, au lieu d'être dessus, comme pour les précédents, est faite sur le côté; les *pains rondins* qui sont demi longs et non fendus; les *pains ronds* pleins ou évidés au centre, leur épaisseur est peu considérable.

Après avoir été pesée et façonnée, la pâte est mise dans des pannetons où elle fermente et prend son *apprêt* avant d'être enfournée. L'apprêt doit se faire dans un lieu où la température soit assez élevée pour favoriser la fermentation.

La *cuisson* des pains s'opère dans des appareils nommés *fours;* ces fours, ordinairement en briques, varient de grandeur, mais gardent une forme constante, qui est celle d'une poire ou d'un œuf, et que la pratique a indiquée comme la plus favorable.

Les fours ordinaires ont 3 mètres de longueur sur 0m,33 à 0m,50 de hauteur. Pour rendre la combustion plus complète, on garnit ces appareils de trois conduits nommés *ouras* qui s'ouvrent dans le four, et qui vont, en passant sur la voûte, aboutir à la cheminée. Quand le feu est allumé on ferme la bouche du four, le tirage se fait par les ouras. La chaleur perdue des fours est utilisée pour le chauffage de l'eau qui s'emploie dans le pétrissage.

Les fours sont chauffés avec du bois ou tout autre combustible donnant une flamme claire et vive; on fait ordinairement usage de bouleau et de sapin. On doit surtout éviter l'emploi des bois peints, qui pourraient communiquer à la pâte les propriétés nuisibles que leur peinture possède. Il faut que la chaleur se répartisse uniformément dans le four; pour cela, on doit arranger le bois avec soin avant d'y mettre le feu.

Les boulangers retrouvent une grande partie du prix du combustible en vendant la braise qui en provient; cette diminution de dépense est à peu près de moitié. Quand le four est assez chaud on retire la braise, et on écouvillonne la sole de manière à la rendre aussi propre que possible, puis on procède à l'enfournement; on met sur l'un des côtés une boîte en tôle, nommée *porte-allume*, renfermant des petits morceaux de bois sec qu'on enflamme et qui éclairent l'ouvrier chargé de l'enfournement.

On place d'abord, en commençant, les plus gros pains au fond, et les plus petits, qui seront cuits les premiers, sont mis auprès de la bouche du four.

Le four chargé, on le ferme à l'aide d'une porte en tôle, qu'on ne retire qu'au bout de vingt minutes pour s'assurer si la cuisson marche bien. C'est à la couleur que prend la croûte qu'on juge du degré d'avancement de l'opération, et par conséquent du temps que le pain doit rester au four.

Les pains de 2 kilogrammes demandent 35 minutes de cuisson; ceux de 4 kilogrammes, 50 à 60 minutes. On opère le défournement des pains en enlevant d'abord ceux qui sont à l'entrée, puis on continue graduellement jusqu'aux plus gros qui sont au fond du four.

On reste 10 à 15 minutes pour décharger un four ordinaire. Les pains sont reçus dans des paniers afin d'éviter leur déformation; il est indispensable que les pains soient bien cuits quand on les retire, car s'il fallait les remettre au four une seconde fois ils perdraient leur couleur vive et leur croûte se riderait.

Outre le pain ordinaire, les boulangers en confectionnent d'autres dont la vente est plus productive, car ces pains, qu'on désigne sous le nom de *pains de luxe*, ne sont soumis à aucune taxe. Leurs formes varient à l'infini, aussi ne nous en occuperons nous pas; nous nous contenterons de décrire succinctement le mode de leur préparation.

Pains de gruau. On désigne sous le nom de pains de gruau les petits pains faits avec des farines dites de gruaux sassés, et qui, par cette raison, sont plus blancs que ceux obtenus à l'aide de la farine ordinaire.

Quand la consommation de ce pain est considérable, on opère sa préparation comme celle du pain ordinaire; on a un levain exprès, qu'on emploie dans les mêmes proportions que dans la panification de ce dernier. Lorsqu'au contraire le débit des pains de gruau est faible, on a recours au levain artificiel qu'on prépare avec la levure de bière. Le reste des opérations est identique à celles décrites précédemment.

Pains à café. Les pains désignés sous le nom de pains à café sont obtenus à l'aide de farine de gruau de qualité secondaire, en faisant usage du levain artificiel, ou mieux encore, en faisant usage de la pâte qui sert à la confection des pains de gruau, en employant le levain ordinaire; dans tous les cas, la pâte doit être bien battue et soufflée, de manière à être rendue très légère. La qualité de ces pains dépend essentiellement du travail que l'on donne à la pâte, qui doit être aussi douce que possible.

Les *pains mollets* et les *pains à soupe* sont préparés avec la pâte des pains à café; les derniers sont tout en croûte lorsqu'ils sont cuits.

Les pains dits *navette*, *flûte crevée*, *pains de tête*, etc., se font à l'aide de la pâte ordinaire, sans travail particulier, seulement on expose la pâte à l'air afin qu'elle n'ait pas trop d'apprêt au moment de la tourner.

Les *bonaparte*, *pain rond*, *giberne*, *artichaut*, se font également avec la même pâte, mais rendue plus ferme.

Pain de dextrine. Le pain de dextrine est un aliment ayant une saveur agréable et une odeur aromatique propre aux meilleures farines; ce pain, cependant, s'obtient généralement avec des farines altérées, car en ajoutant un peu de sucre ou de glucose à une farine, on retarde la fermentation de la matière azotée. Pour obtenir le pain de dextrine, il faut mélanger 2 à 4 p. 100 de matière sucrée à la farine : ce mélange donne un pain dont la mie est spongieuse et régulière, tandis que la croûte a un aspect appétissant.

Pains viennois. Les pains viennois se font en ajoutant du lait à la pâte qui sert à les préparer. On emploie dans le pétrissage 1 partie de lait pour 4 p. d'eau; on a alors recours au levain artificiel en quantité plus considérable. Ces pains se vernissaient autrefois à l'aide d'albumine ou blanc d'œuf; aujourd'hui cette opération se fait sans rien ajouter, en opérant la cuisson sous l'action d'un courant de vapeur d'eau. La vapeur aug-

mente les effets de la réaction qui caramélise la surface du pain. Pour arriver à ce résultat on chauffe le four comme à l'ordinaire, seulement on nettoie avec un tampon de paille mouillée le devant de la sole du four; il y a formation de vapeur, on enfourne les pains et on ferme la porte. La vapeur produite forme en avant du four un nuage qu'on a soin d'entretenir, et qui agit sur le pain en le vernissant.

Pain de gluten. Ce pain s'obtient avec le gluten d'une farine qu'on a privée de son amidon; c'est un aliment qui est très nutritif, car il ne renferme que la matière azotée de la farine. Ce pain léger est excellent pour les malades qui ne peuvent prendre que peu de nourriture.

Pain de munition. De tous les pains, celui de munition est certainement le plus mauvais; cela tient à trois causes : 1° au défaut de nettoyage des blés livrés à l'administration de la guerre; 2° à la mauvaise manipulation de la pâte; 3° enfin à une cuisson toujours défectueuse.

A Paris, où le pain de munition est le moins mauvais, il se fabrique avec un mélange de :

Deux cinquièmes de farine dite *deuxième;* cette farine est la qualité immédiatement inférieure à celle employée pour le pain ordinaire.

Deux cinquièmes de farine dite *troisième*, qui est la première qualité des farines bises.

Un cinquième de farine dite *quatrième;* c'est la dernière qualité au-dessous de laquelle il n'y a plus que les remoulages.

Le mélange de ces trois sortes de farines donne un pain d'une couleur grisâtre, pour la fabrication duquel on emploie beaucoup de levain, qui permet à la pâte de prendre son apprêt sans qu'on soit obligé de la travailler beaucoup.

Dans les manutentions militaires on veut des boulangers qui appartiennent à l'armée, et qui, par conséquent, entrent en campagne avec leurs corps, en emportant avec eux le matériel qui leur est nécessaire.

En campagne, on met plus d'eau dans le pain de munition, ce qui facilite le délayage et donne un rendement plus considérable; mais comme l'excès du poids obtenu est dû à l'eau, ce rendement est illusoire et, de plus, nuisible à la santé du soldat, car l'eau étroitement renfermée dans la croûte compacte du pain en produit l'altération rapide.

Dans les boulangeries militaires, 24 hectolitres de farine ou 16 sacs, rendent onze fournées; ce volume représente un poids de 2.544 kilogrammes de farine, auxquels on ajoute 2.096 kilogrammes d'eau, et 4 kilogrammes de sel pour former la pâte.

On obtient 2.486 pains, pesant chacun 1k,5, ce qui fait un rendement de 3.729 kilogrammes; il y a eu, par la cuisson, 911 kilogr. d'eau évaporée.

Pour obtenir ces 3.729 kilogr. de pains, on emploie 880 kilogr. de bois sec, et le personnel se compose de trois boulangers, deux aides et un chauffeur.

Dans le pain tendre ordinaire, il y a 5/6 de mie contenant 45 p. 100 d'eau, et 1/6 de croûte renfermant 15 p. 100 d'eau seulement.

Le pain tendre de munition renferme aussi 5/6 de mie, mais cette mie contient 51 p. 100 d'eau; il y a également 1/6 de croûte à 16 p. 100 d'eau. Si on établit une comparaison entre la quantité d'eau totale renfermée dans ces deux espèces de pains, on voit que le pain tendre ordinaire renferme 40 p. 100 d'eau, tandis que le pain tendre de munition en renferme 45 p. 100.

Biscuit. On nomme biscuit une sorte de pain inaltérable, très sec, en forme de galettes fort minces, et qui est destiné à la nourriture des marins pendant les voyages au long cours. Le biscuit se fabrique dans les ports de mer : on prend, pour le levain de la pâte, 1 partie de levain de bière et 2 parties de farine; le délayage se fait comme à l'ordinaire, on frase plus court et la pâte doit être très ferme; le pétrissage terminé, on travaille la pâte par parties, en donnant à chacune d'elles la forme d'un biscuit. Les galettes sont disposées sur des tablettes situées dans un lieu aéré et frais, afin d'éviter la fermentation. La cuisson s'opère dans un four chauffé beaucoup moins que pour le pain ordinaire. On perce chaque galette de plusieurs trous, afin de favoriser la cuisson et l'évaporation de l'eau. Le biscuit doit rester deux heures au four, ; au bout de ce temps, les galettes sont défournées et placées dans des caisses qui en contiennent de 25 à 50 kilogr.; ces caisses sont portées dans une étuve placée au-dessous du four, où la dessiccation s'achève.

On ne met pas de sel dans le biscuit, car le chlorure de sodium renferme toujours des chlorures déliquescents, qui en attirant l'humidité causeraient l'altération du biscuit.

Le bon biscuit est sec et cassant; sa cassure est vitreuse et sa couleur jaune brunâtre; sa mie, qui est blanche, se gonfle beaucoup dans l'eau. En Angleterre, le biscuit est préparé sans levain, ce qui le rend fade et l'empêche de bien tremper.

M. Rollet a proposé de séparer de la farine le son qu'elle renferme toujours, de délayer celui-ci dans l'eau pour en séparer les principes sucrés et solubles, et d'employer l'eau qui a servi à ce lavage pour la préparation de la pâte. Pour obtenir le biscuit par son procédé, M. Rollet prend 100 kilogr. de farine dont il extrait 18 kilogr. de son; il reste donc 82 kilogr. de farine brute. Les 18 kilogr. de son traités par l'eau chaude, puis pressés, donnent une matière farineuse dont le pouvoir nutritif est représenté par celui de 9 kilogr. de farine, on a donc en tout l'équivalent de 91 kilogr. de farine blanche, avec laquelle on prépare 120 biscuits pesant 89 kilogr. au sortir de l'étuve.

Pain de seigle. Cette espèce de pain s'obtient avec la farine de seigle; mais comme cette céréale renferme moins de gluten que le froment, le pain qu'on en retire est moins nutritif que le pain fait avec ce dernier. La farine de seigle exige pour sa panification plus de levain que celle du blé, une eau plus chaude pour le pétrissage, enfin une pâte plus ferme, moins de sel et une plus longue cuisson. Le pain de seigle sert dans quelques pays pour la nourriture de l'homme, mais généralement on l'emploie pour celle des chevaux.

Le *pain de méteil* s'obtient par un mélange de 2/3 de farine de blé et 1/3 farine de seigle.

Pain de pommes de terre. La panification de la pomme de terre a, depuis Parmentier, occupé un grand nombre de savants et de sociétés d'encouragement, qui promirent des récompenses à ceux qui atteindraient ce but; aucun procédé n'a encore répondu à leur appel.

Le seul avantage qu'on retirerait de la panification de la pomme de terre serait de mettre ce tubercule sous un plus petit volume, et par conséquent d'éviter les frais de transport. Du reste, la pomme de terre est un pain tout fait qu'on peut arranger de vingt manières différentes, avantage qu'elle n'aurait plus une fois panifiée.

Pain de riz. De même que la pomme de terre, le riz ne pourra jamais être panifié avantageusement; comme elle, il peut être préparé sous diverses formes. C'est aussi un pain naturel obtenu par le fait seul de la cuisson.

Le pain de riz, comme celui de pomme de terre, n'est pas nourrissant; aussi, la fécule ou la pomme de terre bouillie et écrasée et le riz, ne peuvent-ils être mêlés à la farine de froment pour faire du pain sans qu'il y ait fraude, et fraude doublement grave, car le boulanger qui la pratiquerait, non seulement gagnerait beaucoup plus qu'il ne lui reviendrait, mais encore son pain n'aurait plus le même pouvoir nutritif. C'est également un tort, qu'a eu l'administration de la guerre, de vouloir

dans ces dernières années remplacer, aux soldats servant en Algérie, une partie de leur ration de pain par un poids égal de riz, le blé renfermant de 12 à 19 p. 100 de substance azotée, tandis que le riz n'en contient que 6 à 7 p. 100.

On a cherché souvent à panifier les farines de *haricots*, de *pois*, etc. ; c'est toujours dans les moments de disette que ces essais ont été tentés, le plus souvent, il faut le dire, pour frauder la farine de froment.

Des perfectionnements à apporter dans la fabrication du pain.

Dans ces derniers temps, de nombreuses améliorations ont été introduites dans la préparation du pain, et l'ont rendue une opération tout à fait industrielle.

C'est à l'emploi de pétrins mécaniques et de fours chauffés à l'air chaud que cette transformation remarquable s'est opérée. Sans nous arrêter à tous les essais qui ont été tentés pour perfectionner les différents pétrins mécaniques proposés, sans décrire tous les changements apportés successivement au four aérotherme, nous ferons connaître ces appareils tels qu'ils sont employés chez MM. Mouchot frères, boulangers à Montrouge, dont l'établissement est certainement le plus beau dans son genre, établissement où toutes les opérations se font, pour ainsi dire, d'une manière continue.

Le pétrin employé dans la boulangerie de Montrouge est celui de M. Fontaine.

C'est un cylindre à douves de $0^m,04$ d'épaisseur réunies par des cercles en fer ; ce cylindre, fermé aux deux extrémités et séparé en deux capacités par un diaphragme, porte un couvercle muni de charnières, et tourne autour d'un axe sur lequel sont fixés des bras ; le cylindre lui-même porte d'autres bras qui passent, quand il tourne, entre les bras de l'axe fixe autour duquel il se meut.

C'est dans les deux compartiments du pétrin que sont déposés les levains, on y ajoute la farine et l'eau nécessaires ; après avoir fermé le cylindre, on lui imprime un mouvement de rotation qui lui est transmis par une machine à vapeur. La vitesse est de 4 tours par minute ; 15 à 17 minutes suffisent au pétrissage, dont la fin est annoncée par une sonnette fixée au cylindre et mise en mouvement par une roue à rochets. Le pétrissage obtenu au moyen de cet appareil est excellent, il a, en outre, l'avantage de présenter une propreté qu'on ne trouve pas dans le pétrissage à bras d'homme ; le seul résultat qu'on n'obtienne pas en l'employant, c'est une fermentation aussi active que dans la même opération faite à bras, fermentation dont la rapidité, dans ce dernier cas, est due, sans le moindre doute, à la sueur des hommes qui pétrissent.

Cette fermentation trop lente a empêché jusqu'ici l'emploi des pétrins mécaniques dans les manutentions militaires, emploi qui faciliterait beaucoup la préparation du pain des soldats en campagne.

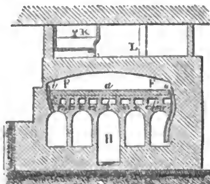
Les pétrins mécaniques étaient d'abord en bois, maintenant on les fait généralement en fonte.

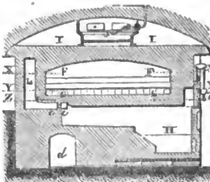
Le four aérotherme employé par M. Mouchot est celui de MM. Lemare et Jametel, perfectionné. Aucun combustible ou fumée n'entre dans le four proprement dit ; un courant d'air chaud seul y pénètre par des orifices distribués au pourtour de la sole. Cet air, qui produit la cuisson du pain, est chauffé par un foyer inférieur alimenté par du bois ou du coke. L'air et la fumée suivent deux routes bien distinctes et ne peuvent se mêler.

Aussitôt que le coke employé pour chauffer l'air est en ignition, l'ouverture par laquelle entre l'air, qui alimente le foyer, est fermée de la manière la plus exacte et la combustion continue, alimentée par l'air qui pénètre au travers des parois du foyer dont les pores sont dilatés par la haute température de l'appareil.

Ce four présente une grande économie de combustible, une grande économie de main-d'œuvre, une pro-

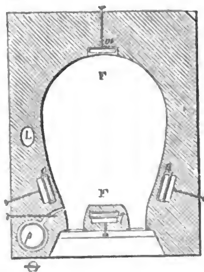
1968.

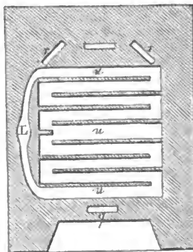




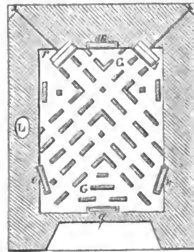
1967.

1964.





1966.



1965.

preté parfaite et surtout une cuisson excessivement régulière et ne laissant rien à désirer.

La cuisson dure une demi-heure, on fait 24 fournées par jour, chacune de 133 kilog. de pain pour 166 kilog. de pâte employée, ce qui fait qu'on peut obtenir avec un seul four 3192 kilog. de pain par jour, et on évapore ainsi 1296 kilog. d'eau, opération qui ne demande que 650 kilog. de coke.

Pour faciliter l'enfournement, deux becs de gaz sont disposés aux portes du four, et comme leurs supports sont à articulations, on les place de manière à voir successivement toutes les parties de la sole quand on les garnit de pains.

Les fig. 1964 à 1968 donnent connaissance de la construction du four aérotherme; dans ces cinq figures, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

FF, four où se cuit le pain.

G, G, canaux régnant sous toute la surface du four; il y circule de l'air chaud arrivant des voûtes placées autour du foyer.

H, foyer du four. On a renoncé aux grilles dans le foyer, car elles se brûlaient trop vite. Aujourd'hui le coke est simplement jeté sur la sole du foyer, on en remplit l'espace H, et on ne le renouvelle que trois ou quatre fois en 24 heures.

I, espace vide réservé au-dessus du four, il sert d'étuve.

J, chaudière maintenue pleine d'eau au moyen d'un robinet à flotteur; elle fournit l'eau chaude nécessaire au pétrissage.

L, cheminée où se rendent les produits de la combustion du foyer.

c, canaux conduisant la fumée du foyer H dans les canaux u, u.

u, u, canaux d'un long parcours où circulent les produits de la combustion avant de se rendre dans la cheminée L; ces canaux sont placés immédiatement au-dessous de l'espace G G, où circule l'air chaud.

r, s, canaux amenant l'air chaud du réservoir qui entoure le foyer dans l'espace G G, placé au-dessous de la sole du four.

n, o, conduits amenant l'air chaud de l'espace G G, dans le four F F.

m, canal amenant directement l'air chaud du réservoir placé autour du foyer dans le four F.

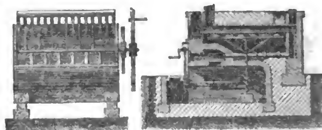
q, canal conduisant l'air chaud saturé d'humidité dans le réservoir inférieur. Cet air se réchauffe de nouveau pour revenir passer sur les pains; comme on le voit, c'est toujours le même air qui opère la cuisson.

p, chaudière chauffée par la chaleur perdue du four.

Petite fabrication. Le four aérotherme, malgré tous ses avantages, exige une fabrication sur une trop grande échelle pour se multiplier beaucoup. La fabrication du pain est une industrie en quelque sorte domestique, qui ne peut guère s'exploiter en grandes manufactures. Ce sont surtout les perfectionnements qui peuvent s'appliquer aux petits ateliers, sans dépenses trop considérables, qui méritent grand intérêt; c'est un semblable progrès qu'a accompli M. Rolland, boulanger à Paris.

Son pétrin mécanique est d'une simplicité extrême; la force d'un jeune homme de quinze à vingt ans suffit parfaitement à le faire mouvoir en pleine charge. Sur une auge renfermant la quantité de pâte nécessaire à une fournée, règne un axe horizontal (figure 1969), à cet axe sont fixés deux ensembles de lames curvilignes alternativement longues et courtes: ces deux ensembles de lames dessinent deux quarts de surfaces cylindriques à courbures opposées, en ce sens que l'une des surfaces tourne sa concavité et l'autre sa convexité vers le fond de l'auge: ajoutez à cela une roue faisant fonction de volant, une manivelle qui transmet sa rotation à l'axe horizontal par l'intermédiaire de deux petites roues dentées, et vous aurez l'idée complète du pétrin de M. Rolland.

Son action est aussi prompte que facile et efficace;



1969. 1970.

en vingt minutes, ou même en dix minutes quand il est nécessaire, il transforme plus d'un sac de farine en une pâte parfaitement homogène, parfaitement levée et aérée, sans pelotes ni grumeaux.

Son four est exempt de toute fumée. Celle-ci et l'air chaud partis du foyer, placé loin de la bouche du four, et conduits par des tuyaux ramifiés en pattes d'oie au-dessus de la voûte et au dessous de l'âtre, circulent en assez grande abondance pour que le four atteigne promptement la température voulue et indiquée par un thermomètre que l'ouvrier a constamment sous les yeux. L'âtre ou le sol du four sur lequel on dépose le pain est recouvert de briques vernissées ou non vernissées que rien ne vient jamais salir (fig. 1970). Ces briques reposent sur une sole tournante qui se fait mouvoir du dehors à l'aide d'une manivelle. On comprend facilement tous les avantages qui résultent de cette disposition pour le chargement et le déchargement, comme aussi pour arrêter les pains les plus difficiles à cuire dans les parties les plus chaudes du four, pendant un temps convenable. En vingt-cinq minutes, la cuisson est ordinairement terminée, et le nombre des fournées peut atteindre dix-huit à vingt dans un jour avec une économie de 50 pour 100 sur le combustible.

De l'adultération du pain. L'introduction dans le pain de substances salines nuisibles à la santé ayant lieu assez souvent, les chimistes se sont occupés des moyens de reconnaître ces additions de sels vénéneux. C'est à M. Kuhlman, de Lille, qu'on doit les procédés suivis pour arriver à ce but; nous nous contenterons d'en dire quelques mots en faisant connaître les matières qu'emploient les boulangers pour mêler au pain.

A la suite des années 1816 et 1817, quelques boulangers de la Belgique et du nord de la France ont introduit dans le pain une certaine quantité de *sulfate de cuivre* en dissolution dans l'eau, un petit verre dans 125 kilog. de pâte; l'emploi de cet agent dangereux peut devenir fatal par la négligence d'un garçon boulanger; aussi est-il nécessaire d'empêcher cette opération qui pourrait, par suite d'une addition trop forte de cette liqueur dans la pâte, occasionner des inconvénients graves sur l'économie animale. Le sulfate de cuivre, ajouté au pain, permet de se servir de farines lâchantes ou humides, de qualité médiocre ou mêlée.

Quand le gluten s'altère, il se ramollit, et l'acide carbonique qui se produit pendant la fermentation ne fait plus d'œils au pain, qui est lourd et moins blanc. Le sulfate de cuivre, dans la proportion de 1/30,000 du poids du pain, remédie à cet inconvénient; il agit par son oxyde de cuivre qui, avec le gluten, forme un composé insoluble rendant la pâte tenace, plus blanche et pouvant absorber plus d'eau, ce qui augmente le rendement de 4 p. 100.

On reconnaît la présence du cuivre dans le pain en incinérant ce dernier, et traitant les cendres par l'acide nitrique; on se débarrasse des phosphate et carbonate de magnésie, en les précipitant par l'ammoniaque dont

on sature ensuite l'excès par de l'acide acétique, puis ajoutant du prussiate jaune de potasse, qui donne à la liqueur une coloration rose ou rouge, suivant la quantité de sulfate employé. Cette coloration est due à un précipité de cyano-ferrure de cuivre.

L'*alun*, à forte dose, joue le rôle de sulfate de cuivre; en calcinant le pain qui en renferme, on trouve de l'alumine en forte proportion dans les cendres.

Le *carbonate de magnésie* et le *bi-carbonate de soude* ont été employés, en Angleterre, pour faire gonfler le pain, par l'acide carbonique qu'ils dégagent pendant la cuisson : la soude et la magnésie se retrouvent dans les cendres du pain qui renferme ces sels.

Le *sulfate de zinc* a été employé dans le même but que le sulfate de cuivre; mais ses résultats ont été loin de répondre à ceux donnés par ce dernier, aussi ne l'emploie-t-on plus.

Plusieurs autres substances, telles que la craie, la terre de pipe et le plâtre, ont été employées pour falsifier le pain, en augmentant son poids et peut-être sa blancheur; mais comme ces matières ne peuvent augmenter sensiblement le rendement de la farine en pain que quand on les emploie en grande quantité, on reconnaîtra toujours facilement cette fraude en incinérant un certain poids de pain et en pesant les cendres. KNAB.

PAINS A CACHETER (*angl.* wafers, *all.* oblaten). La pâte des pains à cacheter ordinaires se fait avec de la belle farine délayée avec de l'eau pure et froide pour en former une bouillie claire que l'on verse dans des moules métalliques, légèrement échauffés, semblables aux fers à gaufrer, et que l'on a graissés avec un peu d'huile ou de beurre pour prévenir l'adhérence de la pâte; la feuille de pâte retirée du moule est ensuite découpée à l'emporte-pièce. On colore la pâte en rouge par le carmin ou, le plus souvent, par une décoction alunée de bois de Brésil; en bleu, par une dissolution alcoolique de sulfate d'indigo; en jaune, par du safran; en noir, par un mélange de sulfate de fer et de noix de galle, en vert, violet, etc., par un mélange des couleurs précédentes.

On obtient les pains à cacheter transparents en dissolvant de la belle gélatine, de la *grenetine* par exemple, dans une quantité d'eau suffisante pour que le liquide se solidifie par le refroidissement; on coule cette dissolution chaude sur une glace chauffée au moyen de la vapeur d'eau, légèrement enduite d'huile ou de beurre, et renfermée dans un cadre d'une hauteur déterminée par l'épaisseur de la feuille que l'on veut obtenir; on pose ensuite sur le cadre une glace semblable qui fait sortir l'excès de matière, on laisse refroidir et on découpe à l'emporte-pièce la feuille obtenue.

PALAN. Sorte de *moufle*. Voyez POULIE.

PALIER. Nom donné à l'ensemble d'un COUSSINET et de son support.

PALLADIUM. Métal découvert par Wollaston, en 1803, dans les minerais de platine. Il est d'un blanc presque aussi beau que celui de l'argent, très malléable, infusible à la température de nos fourneaux; sa densité = 11,5. Il est inaltérable à l'air, même au blanc. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent. On le sépare des autres métaux qui l'accompagnent en dissolvant le tout dans l'eau régale, et ajoutant du cyanure de mercure qui le précipite seul à l'état de cyanure insoluble que l'on lave et que l'on décompose par la chaleur.

On a trouvé depuis quelques années ce métal dans un grand nombre de minerais d'or et d'argent du Mexique. Sa rareté et, par suite, son prix très élevé en rendent l'usage très restreint. La propriété qu'il possède de résister aux émanations sulfureuses, sa blancheur, son beau poli l'ont fait employer avec succès à la fabrication d'instruments d'astronomie et de mathématiques, qui exigent une graduation exacte et délicate. Les dentistes font quelquefois usage d'un alliage d'environ 95 parties de palladium et de 5 parties d'argent.

PANORAMA. On donne ce nom à une perspective tracée sur une surface cylindrique verticale, à base circulaire, le point de vue étant pris sur l'axe même de cette surface, disposition qui procure un champ de vue bien plus étendu que les tableaux plans ordinaires.

PANTOGRAPHE. Le pantographe est un instrument qui permet d'obtenir une courbe semblable à une autre courbe, c'est-à-dire une deuxième courbe dans un rapport tel avec une première courbe que tous les rayons vecteurs qui leur sont menés d'un même centre soient dans un rapport constant, et les éléments de ces courbes semblables et semblablement placés.

L'instrument dont on se sert dans ce cas, et avec lequel les conditions établies ci-dessus sont satisfaites, est le pantographe (fig. 1) déjà étudié à MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

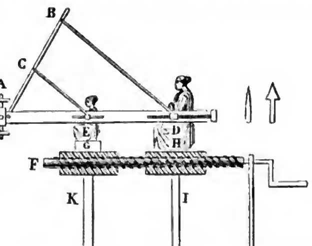
1.

Nous avons supposé, dans cette étude, que les courbes tracées sur un plan, mais on peut de même obtenir les courbes successives d'une surface, obtenir une surface semblable à une surface donnée. C'est ce qu'a réalisé M. Collas dans la machine avec laquelle il réduit les statues.

La fig. 2 en représente un croquis. Soit AD une barre en bois, dans laquelle sont pratiquées des rainures longitudinales dans lesquelles peuvent glisser dans l'une une touche, dans l'autre un outil. L'extrémité A de cette barre est terminée par un joint universel, qui lui permet de prendre toute direction. De cette extrémité part une bielle articulée BC, qui en porte deux autres articulées également, attachées l'une à la touche et l'autre au burin, et de longueur telle que l'on ait AC : AB : : CE : BD, que les triangles ACE, ABE soient toujours semblables.

Il en résulte que si l'on fait glisser le coulisseau de la touche sur la barre d'une petite quantité (ce que l'on fait à l'aide d'une vis pour obtenir de petits mouvements), le coulisseau du burin glisse aussi et dans le même sens; et la touche et le burin traceront une succession de courbes toujours semblables et semblablement placées.

Il sera facile d'après cela d'obtenir la réduction d'une



2.

surface quelconque. En effet, plaçons devant la touche D un modèle H, supporté par un plateau garni d'une roue dentée; et devant l'outil E une masse molle placée

sur un plateau garni d'une roue dentée égale à la première ; ces roues dentées étant conduites par un même vis qui leur fait faire en même temps des rotations égales autour de leur axe, il est clair que si l'outil et la touche étant placés de manière à correspondre à deux circonférences dont les diamètres sont dans les rapports AC à AB, dans un tour complet des plateaux il sera possible, à l'aide de ce système, de tracer sur les deux surfaces une infinité de courbes semblables, dans les plans méridiens du modèle et de la réduction ; et en répétant l'opération dans une infinité de plans, en faisant tourner les plateaux à l'aide de la vis, d'obtenir la réduction de la surface modèle.

La réduction est non-seulement exacte théoriquement, mais encore comme cette réduction résulte de celle des lignes de grande courbure tracées par l'outil, M. Collas obtient les plus beaux résultats, parce que ce sont ces lignes qui représentent le mieux la surface, et que c'est leur perfection qui donne surtout à une statue sa valeur artistique.

PAPIER. Les premières années de ce siècle ont vu faire un grand pas à la fabrication des papiers ; bien que né en France, le mode nouveau y demeura presque oublié ou mal compris. Ce ne fut que lors de la paix générale, que nous songeâmes à reprendre des Anglais l'idée qu'ils commençaient à rendre féconde. Cependant il restait beaucoup à faire pour s'assurer une fabrication régulière ; les organes mécaniques laissaient encore à désirer dans l'exécution, le choix et la distribution de leurs pièces. Ils durent être étudiés, et donnèrent lieu à un grand nombre de tâtonnements. Longtemps il en fut de même des manipulations des matières premières ; l'apparition du blanchiment au chlore ajouta au trouble. Mais enfin, laissant de côté les procédés hasardés et les superfétations, on a été conduit à adopter une méthode générale, qui se complète et se simplifie chaque jour. C'est donc de ce point de vue que nous devons examiner la série d'opérations qui constituent la fabrication actuelle du papier de machine ou papier sans fin. Nous consacrerons ensuite quelques mots à la fabrication dite à la main ou à la forme, et nous terminerons en indiquant quelques-uns des procédés ou machines que l'on considère, jusqu'à présent, plutôt comme annexes et non indispensables, que comme faisant partie obligée d'une fabrication complète.

Une raison d'économie a fait adopter dans la majeure partie des papeteries le travail mécanique continu ; celui des préparations est, pour la plupart, suspendu pendant la nuit.

Quels que soient les traitements, la matière première brute est transformée en pâte et celle-ci en papier ; et, sous chacune de ces trois formes, cette matière recevra, de la part d'agents chimiques et mécaniques spéciaux, des propriétés particulières, qui donneront à chaque produit un caractère bien distinct.

Depuis longtemps, un grand nombre d'essais ont été faits pour substituer aux vieux linges des matières ligneuses d'un prix d'achat moins élevé et dont la source fût plus abondante ; jusqu'à présent, les tentatives dirigées vers ce but n'ont pu encore l'atteindre complétement ; les manipulations sont restées dispendieuses, et l'infériorité des produits a dû en faire restreindre l'emploi. Tout porte à espérer, néanmoins, le succès prochain de ces efforts, et sans exclure totalement l'emploi des chiffons, cette nouvelle ressource procurerait l'avantage d'en faire diminuer le haut prix, et de nous garantir, de ce côté, contre l'approche d'une disette imminente.

La matière ouvrable qui remplit le mieux les conditions de bonté et de beauté qu'exige le papier, est celle qui peut se diviser en filaments d'une ténuité extrême, d'une grande longueur, eu égard à leur section transversale très petite ; lesquels, proportionnellement à cette section, résistent le mieux aux efforts de traction, et sont doués d'une flexibilité parfaite. Ainsi, on conçoit que pour une épaisseur donnée, aussi faible que l'est celle du papier, plus les filaments seront fins et contournés, plus il y aura de points de contact, soit d'attache ou de frottement ; l'étoffe n'en sera que plus serrée et la surface plus unie.

D'après ce que nous avons dit plus haut, nous devons reconnaître qu'il existe en abondance des matières filamenteuses renfermant dans leurs tissus organiques les éléments propres à la fabrication du papier, mais tellement associés entre eux, que l'obstacle à leur emploi gît uniquement dans la difficulté de les isoler sans attaquer leur organisation. Or, on se rendra facilement compte de la préférence que l'on continue à accorder à la matière ligneuse des vieux linges, si l'on considère par combien de traitement elle a dû passer, à partir de son extraction du végétal, et que la papeterie trouvant ainsi un véritable produit s'évite le travail des préparations antérieures.

Du chiffon. Les chiffons bruts arrivent en fabrique grossièrement triés ; ce premier classement fait par le marchand ne peut conserver un caractère de régularité, et à plus forte raison doit-il en être de même des provenances de localités différentes. On reconnaît ceux de bonne nature aux caractères généraux suivants : ils sont en grandes pièces, peu usés, propres, parfaitement secs, et cependant, pesants et souples sans mollesse ; consistent principalement en toiles de lin et de chanvre, peu ou point de coton, ni laine, ni soie. Quant aux chiffons de grosses toiles grossières non blanchies, aux cordes, aux cotons colorés, etc., on recherche dans les uns, les moins chargés de chenevottes ; dans les autres, des teintes claires et fraîches. A cet égard, comme dans toutes les acquisitions de matières premières qui ne peuvent pas être titrées, toutes les données de ce genre sont insuffisantes sans l'expérience pratique.

La classification à adopter en fabrique est subordonnée à la qualité des chiffons employés, aux ressources locales et aux sortes de papiers à fabriquer ; d'après leur nature, la division se ferait par lin, chanvre, coton, laine, soie, etc. ; puis, d'après leur état, en plus ou moins neufs ou usés, en blancs ou colorés, combinaisons dont le nombre est arbitraire, comme on le voit, mais produisant une certaine série d'espèces bien distinctes.

Pour arriver à ce résultat, il faut préalablement avoir recours au *délissage* ou *derompage*, opération qui consiste à découdre et couper les chiffons pour séparer ceux qui n'ont point d'analogie entre eux ; il est à propos de mettre de côté les ourlets et coutures, comme parties moins usées et plus boutonneuses, surtout de détacher les boutons, agrafes, etc., et de faire tomber la poussière qui séjourne dans les plis et les coutures.

Tout en s'occupant du triage, on régularise, autant que possible, la dimension des chiffons en recoupant ceux qui excèdent une certaine grandeur ; dans quelques fabriques ce travail est réservé à une machine. Ils doivent avoir environ 5 centimètres sur 10 ; trop grands, ils engorgent les cylindres broyeurs et retardent le travail ; trop petits, ils se nettoient moins bien et font plus de déchet. Le coupage manuel et le choix s'opèrent à l'aide de l'installation suivante : sur une longueur proportionnée à la localité, sont disposés en ligne des bancs ou établis dont la tablette est en partie à claire-voie, divisée par de fortes traverses, et garnie d'une grille en fils métalliques ou en osier, distancés d'un centimètre. Si l'on doit travailler debout, la hauteur de ces établis est de 65 centimètres. Une lame de faux est passée dans une mortaise faite à une traverse et maintenue solidement par un coin de bois ; le dos de la lame est tourné et incliné vers l'ouvrière ; celle-ci prenant un chiffon entre le pouce et l'index tournés en dedans, elle le saisit ainsi des deux mains et l'appuyant sur le tran-

PAPIER.

chant de la faux, elle lui donne un mouvement répété de bas en haut, parvient de la sorte et en variant convenablement à découdre les pièces, détacher les boutons, agrafes, etc. Les corps étrangers en poussière qui se détachent tombent à travers le grillage sous l'établi, et ne peuvent plus se répandre de nouveau dans le chiffon mis en main. La choisisseuse ou délisseuse jette au fur et à mesure, dans l'une des caisses placées devant elle, le chiffon qu'elle vient de couper, selon la qualité à laquelle il appartient.

Ce premi r traitement, bien simple en lui-même et purement préparatoire, est celui qui exige le concours du plus grand nombre d'ouvrières. Leur travail demande non seulement de l'adresse, mais, de plus, l'intelligence du toucher et du coup d'œil. Aussi une surveillance des plus soutenue est-elle indispensable pour obtenir de chacune d'elles un triage conforme aux types d'espèces adoptés, et partant, un résultat total toujours parfaitement constant et correct. Si, sur un système de classification bien entendu, on réalise ces bonnes conditions, on aura fait le plus grand pas vers la partie économique comme vers la perfection des produits. Par contre, les chiffons choisis et coupés avec négligence, laissent des traces ineffaçables dans toutes les opérations ultérieures ; ils sont ordureux, se lavent mal, se triturent irrégulièrement, moins promptement et avec plus de déchet, détériorent plus rapidement les cylindres et leurs platines; augmentent, en un mot, les frais en amoindrissant la valeur des produits.

En effet, si dans une masse de chiffons usés il s'en glisse de neufs, ceux-ci, résistant beaucoup plus aux actions mécaniques, produisent des paquets de filaments longs et clair-semés qui détruisent l'homogénéité de la pâte ; au contraire, si la quantité de chiffons durs domine sur celle des tendres, ces derniers seront sacrifiés, c'est-à-dire tellement triturés, qu'ils s'échapperont en grande partie avec les eaux de lavage, et que le restant aura perdu sensiblement quelque chose des propriétés coercitives qu'ils doivent fournir au papier. De même, on conçoit comment beaucoup de chiffons propres peuvent être gâtés par un peu de chiffon sale, et comme beaucoup de celui-ci n'est pas sensiblement amélioré par une partie minime de propres ; le même raisonnement est applicable aux coutures, puisqu'elles diffèrent du *plat* en dureté et en propreté. Enfin, il est de toute évidence que le dommage causé aux machines sera d'autant plus considérable qu'il restera plus de substances dures dans les matières livrées à leur travail, telles que sable, fer, acier, cuivre, etc.

Pour fixer les idées à l'égard d'une classification, prenons toutes les sortes que peut fournir le commerce intérieur et divisons, d'après ce qui précède, comme suit :

CHIFFONS DE FIL (*chanvre et lin*).

Nos 1 blancs, fins, propres et usés.
2 » » » 1/2 usés.
3 » » » non usés.
4 » » sales.
5 » » coutures et ourlets.
6 » gros, propres et usés.
7 » » » non usés.
8 » » » traces de chenevotte.
9 » » sales.
10 » » coutures et ourlets.
11 bleus, fins.
12 bleus, gros.
13 écrus, non chenevotteux, propres et mous.
14 » » » durs.
15 » » » neufs.
16 » » gris de vétusté, brûlés.
17 » » coutures et ourlets.
18 » légèrement chenev. (toiles d'emballage).
19 » très chenevotteux.
Nos 20 » cordes blanches et ficelles.
21 » cordes goudronnées.

CHIFFONS DE COTON.

22 calicot blanc, propre.
23 » sale.
24 » ourlets.
25 monsselines et broderies.
26 cotonnes écrues ou bises.
27 » colorées, pâles.
28 » » foncées.
29 » » roses.
30 » » bleues.

CHIFFONS DE LAINE.

31 chaîne, fil et trame laine.
32 divers non feutrés, feutrés et piqués sur toile, etc.

La soie et certaines laines seront expulsées, ainsi que beaucoup d'autres matières qu'il est inutile de signaler comme impropres à la fabrication ; d'un autre côté, on trouvera à employer des substances filamenteuses non indiquées ici, telles que : déchets des filatures de chanvre, de lin et de coton, rognures de peaux non tannées, etc., et enfin, dans la plupart des cas, on aura quelque raison d'étendre à un plus grand nombre, une partie quelconque de ces divisions, surtout si on se livre à une fabrication spéciale. Remarquons, en passant, que les toiles de lin sont plus tendres que celle de chanvre à apparence égale, qu'elles sont plus douces, moins solides et font plus de déchet, et que les toiles blanches d'étoupes sont généralement boutonneuses.

Les chiffons qui sortent du triage pour être mis en fabrication sont soumis à un contrôle que l'on nomme *grillage*, parce qu'il s'opère sur un cadre rempli par une grille en fils métalliques ou en osier, semblable à celles des bancs de délisseuses ; sa dimension en longueur dépend du nombre des ouvrières qui doivent en faire le service ; sa largeur est de 1m,20 environ ; elle est maintenue à hauteur convenable par des tréteaux ou mieux au-dessus d'une caisse. Les ouvrières grilleuses, munies de ciseaux, sont placées de chaque côté dans le sens de sa longueur et se faisant face ; le chiffon, pris à une extrémité de la grille, passe de mains en mains et doit arriver à l'autre bout, débarrassé de tout morceau étranger à la qualité que l'on retrie, de boutons et et agrafes oubliés et d'une certaine quantité de poussière graveleuse à laquelle la grille livre passage. Quant à l'extraction de la poussière ou nettoyage à sec, la précédente opération est bien loin d'être suffisante ; on a donc recours à un grillage mécanique ; il s'effectue au moyen d'une sorte de blutoir, de loup, appelé aussi diable. La disposition, bien que variable, a pour but d'ouvrir les chiffons par un froissement violent et d'en faire échapper le plus possible les matières poudreuses dont il est chargé. Il consiste ordinairement en un cône à axe horizontal ou en un cylindre un peu incliné, dont la moitié inférieure est en tissu métallique très solide à mailles de 7 à 10 millimètres d'ouverture, la moitié supérieure est un couvercle léger en bois ; dans l'intérieur de ce cylindre qui est fixe, est disposé sur le même axe un cylindre mobile en bois dont la surface est pleine, et qui porte implanté sur toute sa circonférence, en suivant une hélice, des petites palettes en bois très fort ou des broches de fer de 8 centimètres de longueur, le tout est porté par un bâti et fermé de toute part; des portes sont réservées pour le nettoyage. Le cylindre intérieur a un diamètre de 0m,60 et une longueur de 2m,40 ; le cylindre extérieur est de très peu plus long avec un diamètre de 80 centimètres; leur inclinaison est d'environ 5° ou de 60 centimètres; on donne à l'arbre du cylindre intérieur un mouvement de rotation de 150 à 200 tours par minute. Les chiffons sont introduits par la partie supérieure du couvercle et

ressortent, après avoir fait un grand nombre de révolutions, par l'extrémité opposée : il va sans dire que le tracé de l'hélice formé par les broches doit concourir, selon le sens du mouvement, à faire cheminer les chiffons de leur entrée à la sortie. La longueur des broches, leur distance entre elles et l'espacement des lignes d'hélices, se détermine d'après la nature du chiffon. Soit, comme terme moyen, 6 centimètres entre les broches et 18 centimètres entre les hélices. Si on adoptait la forme conique, il ne serait pas nécessaire d'incliner l'axe; on chargerait le chiffon du côté du petit diamètre.

Toutes ces préparations à sec font faire aux chiffons un déchet compris entre 2 et 5 pour 100, en les supposant pris à l'état brut sans humidité ; car, dans le cas de séjour dans une localité humide ou mouillé à dessein, ils supporteront facilement une surcharge qui pourra s'élever jusqu'à 7 pour 100 de leur poids en eau seulement, sans que, par le toucher, on puisse en reconnaître la présence. Du reste, quelles que soient les bonnes conditions dans lesquelles toutes ces matières peuvent être fournies, elles contiennent constamment, par le fait de leurs propriétés hygrométriques, quelques centièmes d'eau ; cette propriété préexiste sans doute dans le papier, mais pas à un tel degré, surtout s'il est encollé ; or, il faut aussi tenir compte de cette cause de déperdition, pour ne pas la confondre avec celles qui résultent réellement du travail.

Du lessivage des chiffons. La coction des chiffons a pour but de favoriser le départ des matières étrangeres au ligneux, la plupart desquelles, comme la crasse et certains principes naturels, sont amenés à l'état de dissolution ; quelques-uns sont désagrégés, et d'autres, telles que les substances colorantes propres ou artificielles, résistent en grande partie et ne sont que préparés à recevoir plus efficacement l'action d'agents d'un autre ordre. Cette opération, lors même qu'elle se pratique sans l'intervention d'une lessive, conserve encore la dénomination de lessivage.

Il existe un grand nombre d'appareils de lessivage qui ont été préconisés ; il ne s'agirait donc de la part du fabricant que de savoir choisir celui qui s'approprierait le mieux à ses besoins particuliers ; mais, comme la plupart des avantages nouveaux qu'ils procurent compensent à peine de nouveaux inconvénients, nous conseillerons l'emploi de l'appareil le plus ordinaire, d'un établissement et d'un service facile : nous repoussons surtout ceux qui ont des formes angulaires, parce que la circulation du liquide et la répartition de la chaleur ne s'y font pas uniformément.

Soit un cuvier dont la contenance n'excède pas 500k de chiffons, hauteur égale au petit diamètre, double fond percé de trous à 15 centimètres d'écartement et d'un diamètre de 2 centimètres; le double fond doit s'enlever au besoin ; il est maintenu à 10 centimètres du fond ; au milieu est fixé verticalement un tuyau de fonte ou de cuivre d'un diamètre intérieur de 8 centimètres, et dont la hauteur est de 6 à 7 centimètres au-dessous du bord supérieur du cuvier; son extrémité inférieure dépasse, en dessous, le double fond de 3 ou 4 centimètres ; un couvercle en deux parties mobiles ferme le tout. Un tuyau de vapeur de 35 millimètres garni en haut d'un robinet et d'un reniflard, s'introduit du dehors entre le fond et le double fond, ou bien par le couvercle; cette dernière disposition n'exige pas de joint, mais il devient difficile de tasser le chiffon autour du tuyau, de manière à en empêcher le soulèvement par la vapeur ; celle-ci, trouvant moins de résistance en ce point, fait une percée, s'échappe en abondance et en pure perte. L'extrémité plongeante de ce tuyau est ouverte, mais pincée, de manière à représenter une fente ; on en pratique sur la partie qui s'étend entre les deux fonds, on diminue ainsi la violence des secousses produites par la condensation dans l'eau froide, secousses qui nuisent beaucoup à la conservation des joints. Une conduite d'eau de 4 centimètres alimente le cuvier par un robinet placé immédiatement au-dessus, et elle en sort par un trou de vidange percé à fleur du fond, muni d'un tampon ou d'un robinet de 4 centimètres au moins. Tel est l'appareil très simple de Widmer.

Pour lessiver, on foule les chiffons dans le cuvier jusqu'à 10 centimètres du bord ; s'il y a lieu, on introduit ce qui doit constituer la lessive et on achève de l'emplir d'eau jusqu'à cette hauteur ; le robinet de vapeur est ouvert et on compte l'opération du commencement de l'ébullition ; celle-ci doit être soutenue sans être trop impétueuse, ce qui occasionnerait une grande dépense de vapeur ; elle détermine par la colonne ou tuyau du milieu un mouvement ascensionnel de liquide, qui devient circulatoire dans tout le cuvier. Il faut éviter les refroidissements, ils sont préjudiciables à la propreté des chiffons. On termine en fermant le robinet de vapeur et ouvrant immédiatement celui de vidange, car il faut bien se garder de laisser refroidir l'eau de lessivage sur les chiffons ; ceux ci reprendraient une portion de la crasse qu'ils auraient abandonnée, et retiendraient en outre une plus grande quantité d'eau. L'eau froide que l'on verse quelquefois sur les chiffons lessivés pour en hâter le refroidissement a l'inconvénient de les resserrer, de les durcir, de manière à prolonger sensiblement le travail de trituration ; les cuviers doivent être garnis complétement, trois ou quatre heures avant la mise en vapeur : ce détrempage est favorable au lessivage, lequel doit être fait assez d'avance, pour que le maniement soit possible sans emploi d'eau froide. La durée de l'opération est mesurée d'après la nature des matières que l'on traite et leur destination particulière ; elle n'est pas moindre de trois heures et n'excède guère six ; si on jugeait nécessaire de la prolonger au-delà de ce terme, il serait plus avantageux de faire deux lessivages successifs, et de varier l'espèce ou la dose de lessive à employer dans chacune des cuites. Comme lessive, on emploie, terme moyen, 2 parties de sel de soude pour 100 p. de chiffons, de 70° par exemple, ce chiffre sera donc augmenté ou diminué ; les toiles fines et cotons blancs propres en exigent peu, les toiles dures ou bises davantage ; les toiles sales et les cotonnes colorées beaucoup plus encore. L'emploi de la soude ne trouve guère de limite, que lorsqu'elle donne lieu à une dépense qui excède la valeur de ses effets ; ainsi, la crainte d'attaquer le nerf des filaments serait puérile, puisque l'on demeurerait au-dessous de la force alcaline qui constitue les bonnes lessives de ménage. L'action du lait de chaux ou de l'eau de chaux sur les matières grasses n'est pas dissolvante, elle attendrit le chiffon sans le nettoyer, elle rend sa surface sèche, elle est d'un bon emploi dans les chiffons propres, mais bis et chenevotteux ; dans le rapport de 6 à 8 p. 100, elle fixe et concrète le goudron des cordes et toiles goudronnées, l'empêche ainsi d'adhérer aux toiles métalliques, feutres, etc. La chaux est employée à la caustification de la soude ou de la potasse, dans le but d'en augmenter l'énergie ; en ce sens il n'y a aucun inconvénient, cela s'approprie même très bien au traitement des toiles neuves bises ; mais les frais et l'embarras fréquent que cette préparation nécessite pour être bien faite, ne sont pas compensés par des avantages réels ; l'acide carbonique, qui, dans ce cas, est arraché au carbonate de soude par la chaux, abandonne également la soude à la température de 100°, en présence des acides formés par la malpropreté.

On a proposé à plusieurs reprises l'emploi d'appareils de lessivage fonctionnant sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère ; cette méthode serait sans contredit d'un avantage immense, si le haut prix et les difficultés du service des appareils ne mettaient obstacles

leur adoption. Une température de 120 à 130° serait très favorable à la désagrégation des faisceaux de filaments en attaquant les autres produits de la végétation qui les enveloppe et les unit. On obtient, mais imparfaitement, un résultat analogue en abandonnant les chiffons lessivés ou seulement mouillés à la fermentation ; celle-ci est d'abord acide, puis putride, il faut l'arrêter à point sous peine d'éprouver des pertes notables ; ce procédé, comme on le verra à l'article PAPIER A LA MAIN, demande plus de main-d'œuvre, de temps, et d'emplacement ; du reste, lorsque le local le permet, il devient d'une bonne application aux toiles non décolorées et grossières, surtout si elles sont dures et si la force motrice disponible est faible.

Le lessivage a une influence remarquable sur la substance du papier, la blancheur, les colorations, l'encollage et la solidité en sont modifiés. En effet, le chiffon souillé d'une multitude de matières hétérogènes, qui, pour la plupart sont grasses et acides, en offre quelques-unes qui résistent longtemps aux agents dissolvants ; si donc, on considère entre autres, un pinceau de fibres enveloppé d'une sorte de vernis préservateur du genre dont nous parlons, le chlore devient sans action sur la matière colorante, une matière colorante nouvelle ne saurait y être retenue, la colle ne peut s'y fixer, et les filaments sont moins serrés dans leur feutrage.

Nous avons aussi à constater l'action décolorante, peu puissante il est vrai, du lessivage ; il faut donc avoir l'attention de diminuer ou de supprimer l'emploi des alcalis lorsqu'on voudra conserver les couleurs ; si, au contraire, on voulait utiliser cette propriété, deux lessivages consécutifs, le premier à la soude, le second à la chaux, pâliraient et dissoudraient un grand nombre de teintes.

Lavage des chiffons. A proximité de l'atelier du lessivage ou des cylindres défileurs est disposé un appareil propre au rinçage du chiffon lessivé : c'est une caisse quadrangulaire en bois, élevée sur quatre pieds à $0^m,25$ du sol, ayant $0^m,65$ de profondeur, $0^m,90$ de long et $0^m,50$ de large ; un grillage métallique, suivant ces dimensions, est soutenu à l'intérieur à $0^m,15$ du fond ; une autre grille, mais plus légère, à mailles très ouvertes, est fixée sur un des grands côtés à $0^m,20$ au-dessous du bord de la caisse, de manière à se lever et se baisser comme un couvercle à charnière. L'un des bouts de la caisse porte une auge qui règne dans toute sa largeur, un peu en contre-haut du bord, à l'autre extrémité est pratiqué une vanne plongeant à $0^m,10$ en contre-bas des bords. La caisse étant remplie d'eau jusqu'à $0^m,10$ du bord, l'ouvrier y plonge une poignée de chiffons de 2 à 3^k, l'y agite en tous sens, rabat la grille supérieure qui était levée, donne de l'eau dans l'auget qui déverse dans la caisse ; il ouvre, un moment, la vanne, puis arrêtant l'arrivée et le départ de l'eau ; il relève la grille supérieure, enlève à la main ou avec un bâton le chiffon lavé ; prenant une nouvelle quantité de chiffons, il continue à procéder de la sorte, jusqu'à ce que l'eau de la caisse devenant trop sale, l'oblige à la vider complétement ; une vanne ou une bonde est percée à cet effet, à fleur du fond de la caisse. La disposition des deux grilles permet d'expulser la majeure partie des impuretés solides ; ainsi, le sable qui tombe reste au fond en traversant celle du bas destinée à porter les chiffons ; la grille supérieure étant abaissée, emprisonne les chiffons pour qu'ils ne soient pas entraînés au dehors par le courant d'eau avec les pailles, plumes, etc., lesquelles étant plus légères que l'eau traversent la grille et viennent surnager à la surface.

On a essayé de plusieurs moyens mécaniques pour opérer avec plus de célérité et d'économie ; des tambours immergés en partie ou en totalité, des lavoirs à laines modifiés, sont des moyens excellents de rinçage, mais insuffisants pour enlever des corps légers. Nous devons faire remarquer qu'il devient impossible d'isoler ces impuretés au milieu de toutes les opérations subséquentes, tandis que la crasse dissoute et les matières lourdes peuvent être parfaitement écartées. C'est à tort que, par un motif d'économie de main-d'œuvre, l'on néglige généralement l'usage de cette préparation si simple ; dans le cas où l'on faire *bien*, elle est évidemment indispensable ; si l'on veut faire beaucoup, il est clair qu'elle y conduit en abrégeant le temps de lavage des cylindres, et, en conséquence, diminue la perte de pâte qui se produit pendant le lavage et la trituration.

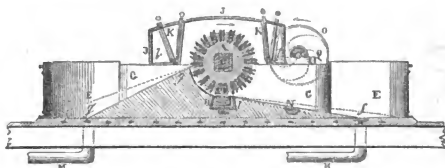
Défilage des chiffons. Ici commence la fabrication proprement dite : il s'agit de changer la forme de la matière première, détruire des tissus, désassocier des fibres textiles, les nettoyer totalement, puis les mêler entre elles de telle sorte qu'elles ne se présentent plus que sous l'apparence d'un tout homogène. On désigne ce produit par les noms de *pâte* ou d'*ouvrage*, dont on fait une distinction d'après son degré de trituration en *défilé* ou demi-pâte, et en *raffiné* ou pâte. La pile de cylindre est l'appareil dont l'heureuse disposition concourt le mieux à produire ces résultats : donnons une idée de sa construction.

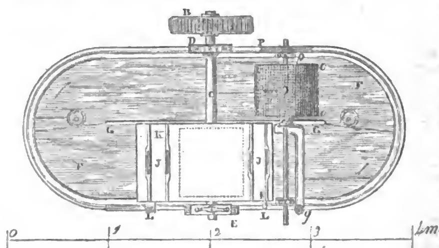
Suivant les localités, les piles se construisent soit en bois, en pierre ou en fonte ; les deux premiers genres de construction ont quelques inconvénients que n'a point celui en fonte, ce dernier réunit surtout l'élégance à la solidité.

Le cylindre A (fig. 1969 et 1970) garni de lames est mis en mouvement par la roue B, montée sur son arbre C, lequel tourne dans deux paliers dont un fixe D, et l'autre à coulisse E, tous deux fixés sur des consoles fondues avec les parois de la pile F. Celle-ci est divisée selon sa longueur par une cloison G. Le côté qui reçoit le cylindre A est garni de deux plans inclinés *f f'* et *g g'* ; dans les masses de bois formant ces deux plans, est ménagé une rainure quadrangulaire qui reçoit la platine H, composée de lames liées entre elles par des boulons. Une autre rainure, le sablier, pratiquée en N, est recouverte d'une plaque de cuivre percée de petites fentes, dirigées en tous sens, au travers desquelles passent le sable, les épingles, boutons, etc., qui peuvent se trouver dans les chiffons. La paroi antérieure de la pile est percée en *n* pour donner passage aux ordures ; pendant le travail, cet orifice est fermé par un bouchon. Le cylindre A est recouvert par une caisse en bois J, appelé *chapiteau*, qui porte quatre châssis en bois, dont deux K garnis de toiles métalliques pour laisser passer l'eau et retenir la pâte, et deux autres K' pleins ou faux châssis pour suspendre, au besoin, le service des deux premiers. L'eau est reçue dans les *dalots* ou *chéneaux* K, d'où elle se rend au dehors par les conduits L. Un robinet en R sert à l'alimentation de la pile F, qui est rempli d'eau au moins au deux tiers et alimentée continuellement par le robinet R. C'est entre les lames de la platine H et celles du cylindre A que s'opère la trituration du chiffon, ces dernières font aussi office de palettes ; par leur mouvement elles entraînent, dans l'intervalle qui existe entre elles, un certain volume d'eau et de chiffons, que la force centrifuge excitée par la rotation rapide du cylindre, lance contre la voûte du chapiteau J et contre les châssis K, qui, comme nous l'avons dit, laissent passer l'eau et arrêtent les chiffons ; ceux-ci, dont une grande partie descend le plan incliné *g g'*, retombent tous dans la pile. En très peu de temps le mouvement du cylindre A élève beaucoup de chiffons et d'eau dans cette partie de la pile, tandis que de l'autre côté il y a abaissement ; la tendance à l'équilibre communique aux matières un mouvement circulatoire lent, qui les fait passer du plan incliné descendant autour de la cloison G, et elles vont atteindre le pied du plan incliné *f f'*, et passent ainsi entre la pla-

tine et le cylindre jusqu'à ce qu'il soit réduit en pâte. C'est pour remplacer l'eau qui se perd continuellement et qui est chargée des saletés du chiffon, que l'on introduit continuellement par le robinet, dans la pile, une quantité à peu près égale à celle qui sort par les châssis K, et qui est rejetée au dehors par les conduits L. Lorsque le chiffon est suffisamment lavé et trituré, il est envoyé par le conduit M que ferme une soupape,

1970.





1969.

dans des caisses où il s'égoutte, ou s'il y a lieu, au réservoir d'alimentation de la machine à papier.

Le palier à coulisse E n'a de mobilité que dans le sens vertical ; le mouvement est donné par une manivelle ; elle porte sur la partie supérieure du palier et sert d'écrou à une vis qui traverse la partie supérieure du palier, son extrémité inférieure est liée à une fourchette qui, elle-même, fait corps avec le coussinet ; celui-ci glissant entre les coulisses du palier, entraîne l'extrémité de l'axe du cylindre.

La platine H est composée de lames d'acier réunies par des boulons ; elle est maintenue solidement par des coins en bois dans une boîte en fonte H' appelée contre-platine, elle est en forme de queue d'aronde, se fixe dans l'épaisseur du fond de la pile dans une rainure de même forme; le bout de cette boîte traverse la paroi en fonte et fait saillie à l'extérieur, elle est maintenue par un coin ou bouchon en bois qui sert aussi à fermer l'ouverture donnant passage à la contre-platine ; celle-ci est parallèle à l'axe du cylindre, mais la platine est inclinée par rapport à cette ligne de 12 à 15 millimètres ; l'extrémité tranchante des lames est taillée concentriquement à la circonférence du cylindre, et l'inclinaison de leur tranchant affûté en biseau, doit être dirigé en sens inverse de celles des lames du cylindre.

Les lames de cylindre sont fixées dans des rainures faites, suivant le rayon, dans un noyau en bois d'orme ou de chêne à égale distance sur la périphérie et parallèlement à l'axe. Pour la *défileuse*, chaque rainure reçoit deux lames, elles y sont fixées à l'aide d'un coin qui est enfoncé entre elles, et maintenu fixe par des pointes qui vont s'attacher dans le bois du cylindre; de plus, des entailles sont ménagées à leurs extrémités, ainsi que dans le bois, de manière à former un espace annulaire vide qu'une forte frette vient remplir; ainsi toutes les lames se trouvent reliées ensemble et fixées au bloc cylindrique en bois. On établit aussi en fonte le noyau de cylindre avec entre-lames en bois rendues parfaitement solidaires avec le noyau ; l'avantage principal de cette construction, sur l'autre, est de pouvoir enlever aisément les lames du rouleau, soit pour les affûter, soit pour les changer.

On ajoute à la pile le *tambour laveur*, lorsqu'on veut élaver plus abondamment ; il fait faire moins de déchet que les châssis des chapiteaux.

Le tambour-laveur O, que commande la poulie P, tourne sur les petits paliers *p* qui reçoivent les tourillons de son axe ; il reçoit son mouvement du moteur principal ou de l'arbre du cylindre, il fait 25 à 30 révolutions par minute, il est composé de deux cercles en cuivre *o*, o', d'un diamètre à peu près égal à celui du cylindre, et de quatre feuilles courbées suivant la développante du cercle, et sondées aux cercles o, o', ainsi qu'à l'arbre. La circonférence est formée de deux toiles métalliques de grosseur différente et superposées ; la plus grosse est à l'intérieur. Le cercle o' est percé à son centre, et à cette ouverture circulaire est soudé le tuyau o^2. Lorsque le cylindre A fonctionne et que le tambour-laveur tourne dans le sens indiqué par les flèches, comme une partie de sa circonférence plonge dans l'eau de la pile, les feuilles courbes en prendront une certaine quantité que les toiles métalliques laissent passer, et dans leur mouvement de rotation feront couler cette eau vers le centre ; l'eau renfermée dans les compartiments des feuilles, ne trouvant pas d'autre issue que le tuyau o^2, sera versée dans la gouttière Q, qui, à son tour, la verse au dehors par le conduit vertical *q*. Dans le premier appareil de lavage, celui des châssis K, lorsqu'on veut cesser de laver, on abaisse les panneaux pleins K', et l'eau est forcée de retomber dans la pile au lieu de s'écouler au dehors. Avec le tambour-laveur il suffit de lever la gouttière Q, qui est mobile, et l'eau est également reversée dans la pile

Les toiles fines qui couvrent ces deux appareils contiennent 25 mailles par centimètre carré pour le traitement des chiffons, et 30 pour celui du défilé.

Pour la propreté, tout l'intérieur de la pile, y compris les plans inclinés et la cloison, est doublé de feuilles de cuivre rouge, de zinc ou de plomb. Tout contact de la pâte avec le fer doit être évité, si on ne veut la voir ternie par la rouille, circonstance qui devrait faire écarter l'emploi des lames d'acier, notamment dans les piles *raffineuses*.

La pile raffineuse ne diffère essentiellement de la défileuse que par le nombre de ses lames ; cette dernière les porte disposées sur son cylindre en dix-neuf paquets

de deux lames, soit trente-huit lames pour un diamètre de 0m,60 avec platine de douze lames. La raffineuse porte en tout dix-huit paquets à trois lames, soit cinquante-quatre lames, avec platine de quinze lames; le premier cylindre marche avec une vitesse de 175 révolutions par minute et le second à 200 : dans ce temps, il y aura pour l'un 80.000 rencontres de lames, et pour l'autre 16.0,000, ou 2.600 par seconde. Ici les contacts doublement fréquents réduiront de moitié l'énergie de chacun d'eux. Ce travail réclame l'application d'une force de cinq chevaux par pile.

Une pile défileuse en travail contient 1.200 litres d'eau, et est fournie en moyenne par 40 kilog. de chiffons. Une raffineuse de même contenance peut recevoir en défilé l'équivalent de 55 kilog. de chiffons, soit 40 kilog. de papier.

On distingue encore un autre genre de pile nommée *élaveuse*, qui a pour fonction de blanchir les défilés *à la pile* à l'aide d'un chlorure décolorant et d'un acide, de les laver ainsi que ceux qui sortent des blanchiments au chlore ou au bain de chlorure. Sa construction est légère et la force qu'elle emploie est à peine d'un cheval. Son rouleau est ordinairement garni de lames de bois; lorsqu'elles sont en bronze, on peut les approcher d'une platine usée, également en bronze; il en résulte une légère friction qui tend à faire dégorger le défilé, à en faire exprimer les matières colorantes et salines qui résident dans le défilé blanchi.

La réunion de plusieurs piles constitue une *batterie;* elles sont diversement distribuées, selon l'exigence des localités ou du travail. Tantot les piles sont groupées de manière à se vider les unes dans les autres, ce qui épargne la main-d'œuvre lorsqu'on blanchit à la pile ou que l'on ne fait pas de mélanges de pâtes; tantôt chaque espèce forme une batterie particulière, entièrement indépendante des autres.

L'ouvrier chargé de la direction d'une batterie porte le nom de *gouverneur;* suivons-le dans la conduite du défilage. Après avoir, à l'aide de la manivelle, élevé le rouleau d'un centimètre au-dessus de la platine et rempli d'eau la pile, il y répand les chiffons lessivés en évitant qu'ils ne s'accumulent sous le rouleau; le robinet fournit de l'eau en abondance, et les faux châssis étant levés, les châssis de lavage fonctionnent. Le gouverneur ayant aidé à la distribution égale des chiffons avec une spatule, abaisse le rouleau à quelques millimètres de la platine, de sorte que les chiffons soient rudement froissés sans être coupés; trois ou quatre tours de pile suffisent ainsi pour en faire ressortir les malpropretés. Il relève le rouleau comme au début et ne fait plus que laver, il nettoie le sablier, puis, baissant graduellement, il arrive, tout en continuant à élaver, à le faire porter légèrement sur la platine; il spatule fréquemment pour obtenir une trituration uniforme, et lorsqu'il la juge suffisamment avancée, c'est-à-dire offrant une pâte sans trace de tissus ni de fils tordus, il lève la bonde qui fermait le conduit, et la pile se vide par cette issue.

La durée de l'élavage et du défilage n'est pas moindre d'une heure et demie, dans le cas où, ayant affaire à une pâte tendre, on ne tient pas à la ménager; elle n'excède pas quatre heures pour une pâte bien allongée, sauf, ce qui est rare, les cas de fabrications particulières.

La beauté du défilé, dans le travail au cylindre, dépend de la limpidité de l'eau, du temps que l'on consacre au lavage et à la trituration, de la matière et de l'état des parties tranchantes, et enfin, évidemment, des soins particuliers de l'ouvrier, que la pratique seule enseigne. Le lavage par l'eau trouble ne peut donner qu'une pâte terne, difficile à blanchir, à colorer et à encoller: le FILTRAGE devient indispensable (voyez ce mot). A défaut d'appareil de filtrage, il sera bien de nouer des sacs de flanelle aux robinets, précaution qui, dans tous les cas, n'est pas à négliger pour les belles sortes. Le battage sur la platine ne doit commencer qu'au point où l'eau de lavage finit par n'être plus louche. Plus le battage est brusque, et plus les filaments sont raccourcis; plus il est prolongé avec ménagement, et plus ces mêmes filaments s'effilent sans se tronquer; ceux-ci sont, pour ainsi dire, longs et minces; ceux-là courts et épais. Les lames de platine et de cylindre, tranchantes et d'acier, énervent en coupant; celles qui sont usées ou en bronze, allongent la pâte en l'écrasant. D'après cela, les rouleaux et platines à tranchant dur et acéré, ne conviennent qu'aux chiffons durs; les lames douces et usées aux chiffons tendres. Parfois on devra appuyer le rouleau sur les premiers, mais on le tiendra toujours un peu soutenu sur les seconds, et on fournira la pile d'une moins grande quantité de matière dure que lorsqu'elle est tendre; enfin, si le temps le permet, il ne faut pas craindre d'allonger les pâtes en modérant l'action du cylindre; elles font moins de déchet, blanchissent promptement, restent nerveuses, sont sans boutons et se raffinent aisément. Il faut prendre garde de ne pas allonger les pâtes dures plus que les tendres; il en résulterait, lors de leur mélange dans la raffineuse, un raccourcissement tel, que celles-ci serviraient plutôt de remplissage que de lien.

Lorsqu'on veut blanchir au chlorure de chaux, on verse quelquefois 200 à 300 grammes d'acide sulfurique dans la pile cinq minutes avant de l'employer; on ferme aussitôt les faux châssis; le peu d'acide qui reste dans la pâte égouttée suffit pour accélérer la décoloration.

Le chiffon défilé, à moins d'être soumis immédiatement au raffinage, est séparé de l'eau dans laquelle il nage, soit par l'égouttage, soit aussi par la pression. Il est envoyé dans des caisses pouvant contenir plusieurs pilées; elles sont garnies de châssis de toiles métalliques ou doublées de zinc percé de trous; cette disposition occupe beaucoup de place, et demande un temps assez long pour le départ suffisant de l'eau. L'emploi d'une presse disposée convenablement pare à ces inconvénients; la pressée se fait en 20 minutes, pilée à pilée, et produit un pain compacte de pâte peu exposé à se salir et d'un transport facile. La presse hydraulique appliquée à ce système, montée par M. Chapelle, est d'un service parfait. Ce pressage par pilée est aussi d'un grand secours dans le contrôle et la surveillance journalière de fabrique. Nous citerons encore un ingénieux appareil dû à M. Ferrand-Lamotte, de Troyes, dans la description duquel, faute d'espace, nous ne pouvons entrer. C'est en quelque manière la table de fabrication de la machine à papier, disposée pour pouvoir donner, au lieu d'une feuille de papier, une sorte de matelas ou feuille excessivement épaisse de défilé; sous cette forme il est moins transportable que sous celle de pain, mais il est mieux disposé pour le blanchiment.

Blanchiment du défilé ou demi-pâte. Travail qui modifie la substance des chiffons par la dissolution ou la destruction plus ou moins complète de la matière colorante qui lui est inhérente; ces altérations sont produites par l'emploi d'agents chimiques, tels qu'alcalis, acides et chlore; le rôle de ce dernier est essentiellement destructif. Les autres ne sont, en quelque sorte, que comme des accessoires propres à graduer l'énergie de ses propriétés ou à opérer des dissolutions, soit après, soit avant son action.

Un chimiste allemand, M. Fuchs, propose l'application de la découverte dont il est l'auteur, laquelle consiste à blanchir la plupart des substances organiques à l'aide de l'électricité. Les détails de son procédé n'étant pas encore parvenus à notre connaissance, nous ne pouvons qu'éveiller l'attention de nos fabricants sur une question si pleine d'intérêt pour tous, et si importante à tous égards.

Le chlore s'emploie sous deux formes, gazeux ou liquide; de là deux manières différentes de procéder.

Dans le blanchiment au chlore gazeux, l'appareil est ainsi composé : une bonbonne ou tourille de grès, faisant office de cornue, est disposée sur un fourneau ; elle est chauffée au bain-marie, à la vapeur ou au bain de sable. Un tuyau de plomb est adapté au col de la tourille, pour amener le gaz qui se dégage sur le défilé contenu dans une caisse hermétiquement close. La forme de cette caisse est un parallélipipède auquel on donne une position horizontale ou verticale. Dans ce dernier cas, il est indispensable de multiplier le nombre des étages ou tablettes qui doivent porter le défilé. L'ouverture qui sert à l'introduction et à la sortie des pâtes est pratiquée sur l'une des faces latérales ; elle est fermée par un volet de 12 mètres de surface au moins ; il pénètre à mi-bois de manière à affleurer extérieurement. Le tuyau d'arrivée du gaz pénètre par le milieu de la paroi supérieure, un échappement d'air est pratiqué aussi dans le haut, mais le plus éloigné possible de l'arrivée du chlore. Les dimensions intérieures sont réglées pour 500 kil. de chiffons défilés, sur une capacité de 3 à 4 mètres cubes. La caisse peut être construite en bois, pierre ou brique. Le bois employé doit être résineux, suffisamment sec pour ne plus jouer ou se fendre, d'une épaisseur de 7 à 8 centimètres, assemblé à double rainure garnie de mastic de céruse, maintenu par des traverses extérieures avec tirants en fer ; l'intérieur est parfaitement mastiqué à la céruse et, pour la conservation, une couche d'huile de lin chaude est passée sur les parois, puis on les couvre de deux couches au moins de peinture à la céruse ; pour la décoration, l'extérieur pourra être également peint. En pierres ou en briques, les joints seront faits en ciment romain ou mieux en plâtre, ne contenant pas de carbonate de chaux. On couvrira la caisse d'un glacis de même matière, ou, ce qui est plus propre, d'un revêtement de plaques de faïence ou de briquettes vernissées.

Le défilé n'étant ni trop sec ni trop mouillé, mais égoutté de manière à ce que, par la pression de la main, on ait peine à en exprimer une goutte d'eau ; on le distribue sur les tablettes, dans la caisse, par morceaux du poids de 200 grammes environ ; on ferme le volet dont on lute les joints en collant des bandes de papier dans toute leur étendue.

Pour blanchir 500k de chiffons défilés, il faut, selon le cas, produire un dégagement de 2 mètres jusqu'à 5 mètres cubes de chlore ; tout ce volume n'est pas utilisé, on a à tenir compte d'une perte constante due à la capacité des tuyaux, des tourilles, et aussi par la caisse qui doit contenir après l'opération un léger excès de gaz. Le manganèse d'Allemagne, bonne qualité, produit par kilogr. 240 litres de chlore ; celui de Romanèche 150 litres, donc 5 kil. du premier donnent un produit équivalent à 8 du second. Pour obtenir une production moyenne de 3.500 litres environ, on prend avec 24 kilogr. de manganèse, 70 kilogr. d'acide hydrochlorique à 22° ; ou 10 kilogr. d'eau, 10 kilogr. d'acide sulfurique à 66°, et 40 kilogr. d'acide hydrochlorique à 22° ; ou encore, 26 kilogr. d'eau, 26 kilogr. d'acide sulfurique et 18 kilogrammes de sel marin, toujours avec la même quantité de manganèse de Romanèche ou avec 15 kilogr. de manganèse d'Allemagne. Nous ferons observer que les manganèses peu riches présentent l'inconvénient d'absorber en pure perte une certaine portion d'acide pour la saturation des carbonates qu'ils contiennent, et qu'ils produisent fréquemment un culot très dur, formé de gangue et de sels insolubles, dont l'adhérence au fond des tourilles est une cause de casse ou les met hors de service. Le manganèse doit être employé en grenailles et non en poudre, il est moins exposé à s'agglutiner, se mouille uniformément, donne un dégagement de gaz moins brusque, et les parties non attaquées sont plus faciles à recueillir après l'opération. La cornue est

PAPIER.

d'une capacité double de la masse qu'elle doit contenir, c'est-à-dire fonctionnant à demi pleine ; il faut qu'elle puisse résister à une température qui s'élève progressivement jusqu'à 120°, et il est nécessaire qu'elle soit inattaquable par les acides ou le chlore, conditions qui ne sont guère remplies que par la poterie de grès.

Lorsqu'on veut opérer, on charge une ou plusieurs tourilles correspondantes à la caisse préparée ; on introduit dans l'ordre suivant, d'après le mélange adopté : manganèse, acide hydrochlorique ; eau, acide sulfurique, manganèse, acide hydrochlorique ; eau, sel marin et manganèse mêlés, acide sulfurique. Tout étant préparé à l'avance, on adapte promptement le tuyau à la tubulure de la tourille et on lute avec soin ; une demi-heure après on commence à chauffer modérément, puis aussitôt que l'on s'aperçoit de la fuite du chlore par l'échappement d'air, on ferme celui-ci. La température portée à 100° au moins est soutenue à ce point pendant 8 ou 10 heures, temps après lequel le dégagement doit être à peine sensible. Le défilé reste sous l'action du gaz 18 à 24 heures ; si on réduit le temps, il faut augmenter la dose de chlore. A cette occasion, disons que cette dose ne doit pas se mesurer par le degré de blanc que l'on veut obtenir, mais par la quantité approximative de matière colorante à détruire ; ce qui excède la proportion nécessaire à cet effet, attaque le ligneux lui-même, le roussit et l'énerve. Voici l'ordre que suivent les pâtes dans leur capacité d'absorption pour le chlore en commençant par les plus faiblement douées : Coton blanc (blanc éclatant), fil fin usé (blanc), coton écru et fil fin non usé (blanc terne), gros fil non usé et cordes (blanc légèrement gris), toiles neuves bises et bises ordinaires (jaune paille pâle), toiles grossières et chevrotteuses (jaune saumon clair), cotonnes de couleur foncée (jaune fauve terne). En essayant d'indiquer aussi le degré de décoloration, nous ferons remarquer qu'il s'éloigne d'autant plus du blanc qu'il faut plus de temps et de chlore pour l'obtenir, ce qui revient à dire, que plus il y a de matière colorante à décomposer et plus il en restera des traces visibles, la décoloration n'étant pas absolue. La nouvelle substance colorante enveloppe encore le ligneux, avec cette différence qu'elle est soluble dans les alcalis et même en grande partie dans l'eau froide, c'est donc par dissolution qu'on s'en débarrassera ; mais, c'est toujours au lavage à froid par les cylindres qu'on a recours ou à la pile spéciale nommée élaveuse.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire des dispositions particulières de l'appareil de production et les divers moyens de luter les raccords ; disons seulement que les fermetures hydrauliques sont préférables à toutes autres, lorsqu'il n'y a pas de pression ; elles concourent aussi à condenser l'acide hydrochlorique entraîné dans le dégagement du chlore ; à cet effet, il est bon d'adopter une disposition pour l'arrêter ; le plus simple est de placer un plat évasé, plein d'eau, dans l'intérieur de la caisse, immédiatement au-dessous de l'arrivée du gaz.

Parmi les chlorures alcalins, ceux de soude et de chaux sont les seuls dont on fasse usage ; le chlorure de chaux étant d'un emploi plus général nous nous en occuperons plus particulièrement. Sous forme solide il a l'avantage d'être d'un transport moins dispendieux qu'en dissolution dans l'eau ; mais comme il faut en venir à l'employer sous cette forme, il y aurait avantage, si on le faisait soi-même, à le fabriquer liquide. (Voyez CHLORURES DÉCOLORANTS).

Le pouvoir décolorant de 1 kilogr. de chlorure sec est à peu près égal à celui de 20 litres d'une dissolution marquant 5° au pèse-sel.

Pour le blanchiment de 500 kilogr. de chiffons défilés, la dose varie entre 8 et 10 kilogr. de chlorure sec. Le mode d'emploi le plus simple consiste à le verser dans une pile en travail à la fin du défilage ou au com-

mencement du raffinage, ou bien dans l'élaveuse ; son action sur le défilé serait très lente, n'ayant pour agent provocateur que le contact de l'air, aussi a-t-on recours à l'intervention d'un acide pour en brusquer l'effet : l'acide sulfurique par exemple. Soit, pour les proportions relatives déjà indiquées, de 4 à 10 kilogr. ; on le verse sur la pâte, convenablement étendue d'eau, soit après, soit avant le chlorure, avec le soin de le répandre uniformément dans tout le circuit de la pile; au bout de 10 minutes la pile peut être vidée, ou mise sur place en élavage.

Un autre mode est celui qui consiste à blanchir par bains ; il exige, comme par le gaz, des appareils particuliers; ceux-ci sont des cuves ou bassins, dont partie sert de réservoir aux dissolutions, partie aux bains de blanchiment. Le niveau du fond du réservoir supérieur doit être au-dessus du bord des caisses ou cuves de blanchiment; la contenance du réservoir supérieur est plus grande que celle de la somme des caisses qu'il doit alimenter, surtout si l'on fait usage du chlorure sec, la surface de liquide qu'il présente à l'air est la moindre possible, eu égard à ses autres dimensions. Les caisses de blanchiment, au contraire, étant peu profondes et multipliées, développent une grande surface; cette disposition a pour but de rendre plus prononcée l'action de l'air et de la lumière sur le bain; leur capacité ne doit pas excéder 5 mètres cubes, correspondant à une contenance de 250 kilogr. au plus de chiffons défilés; plus petites, elles ne travaillent que mieux, la pâte se tasse moins, et il est plus aisé de la spatuler, si cela est jugé nécessaire. Elles ont un double fond de châssis garnis de toiles métalliques; au-dessous est une bonde de vidange qui verse dans un canal commun se rendant au réservoir inférieur, ce dernier n'a qu'un tiers de la contenance des caisses qu'il dessert. A moins d'être des cuves de bois, les caisses de blanchiment sont de forme quadrangulaire; elles sont construites en pierre ou en briques, bien cimentées, complétement revêtues à l'intérieur, de ciment résineux, de bitume, ou mieux, de plomb laminé; toutes les soudures de plomb devront se faire pour ce blanchiment, comme pour celui au gaz, par le chalumeau à gaz hydrogène, et éviter dans les points d'appui le contact des autres métaux.

La liqueur décolorante est faite, pour la première fois, par 25 kilogr. de chlorure de chaux pour 1.000 litres d'eau, ou la dissolution, ramenée entre 2 et 3° ; un degré trop élevé donne lieu à une plus grande perte par l'air et par l'égouttage; il faut se défier de l'indication du pèse-sel qui n'accuse que la densité de la liqueur, densité qui peut-être aussi bien augmentée par la présence du chlorure de calcium que par celle du chlorure de chaux.

Pour donner un bain on remplit les cuves ou caisses, à ce destinées, d'abord de défilé bien égoutté que l'on écharpe par morceaux plus petits qu'on ne le fait pour le gaz, puis de chlorure qu'on reçoit du réservoir par un syphon, un chéneau, une conduite quelconque enfin ; mais rien qui multiplie les robinets et les joints. Le défilé demeure immergé 6 heures, terme moyen ; on ne saurait assigner, qu'entre de grandes limites, la durée qui convient à l'action complète du bain ; car, nous le répétons, l'état et la nature des pâtes retarde ou accélère la décoloration, qui est aussi plus ou moins complète. Il faut savoir faire varier à propos les proportions de défilé à blanchir et l'énergie du bain.

Le blanchiment effectué, on ouvre les bondes des châssis, et les eaux de chlorure abandonnant le défilé, vont se réunir dans le réservoir d'égout, d'où elles sont reprises par une pompe et reversées dans le réservoir supérieur. Là, elles sont ramenées au degré voulu par l'addition d'une quantité convenable de chlorure sec ou liquide concentré. Ces eaux qui avaient perdu de leur pouvoir décolorant, sont quelquefois colorées elles-mêmes en jaune sale par les substances détruites et rendues solubles; ce qui fait que les pâtes blanchies par ce procédé présentent plutôt un ton blanc grisâtre qu'une teinte jaune prononcée. Le défilé suffisamment égoutté est enlevé des caisses, il est encore imbibé d'une quantité notable de chlorure, de sorte que, si on le laisse en dépôt, la décoloration peut se continuer jusqu'à saturation du chlore ; si celui-ci est en excès, le ligneux finira par en être attaqué. D'autres fois, le même effet destructif se produit par l'acide hydrochlorique développé dans la réaction du chlore sur la matière colorante et insuffisamment saturée par la chaux.

Le chlorure de soude étant moins stable que celui de chaux, décolore plus promptement et dissout mieux la matière colorante détruite ; sa présence dans les pâtes mal lavées nuit moins au collage que ne le ferait un sel calcaire. En Angleterre, le chlorure de soude est souvent substitué avec avantage au chlorure de chaux. En France, la grande différence qui existe entre les prix de ces deux produits fait qu'on est réduit à n'employer que du chlorure de chaux.

L'effet du gaz chlore sur le défilé est plus énergique que celui des chlorures ; cependant ces derniers agissent plus intimement sur les filaments élémentaires, et d'une manière qui en compromet moins la solidité. Ainsi le gaz attaque fortement tout ce qui est chenevotteux, ce que ne font pas aussi bien les chlorures, tandis qu'il n'attaque que superficiellement les défilés de chiffons bis, parce que ceux-ci sont à fibres plus complexes, et que celles de l'intérieur restant imperméables au gaz, demeurent colorées. Ce fait devient sensible, lorsqu'on opère le lavage du défilé blanchi, opération indispensable, puisqu'elle consiste, comme nous l'avons dit, à dissoudre la matière colorante détruite qui s'opposerait au succès de tout traitement ultérieur. Ce travail se fait dans une pile ordinaire, ou mieux dans la pile laveuse *ad hoc*. La durée du lavage tient à la quantité d'eau qui y est affectée, soit par exemple, pour un temps moyen d'une heure, une alimentation de trois litres par seconde ; on estime le lavage complet, lorsque l'eau qui en résulte sort limpide, incolore et non écumeuse. Ainsi dégorgé, le défilé, dont la couleur était une des nuances du jaune, est devenu grisâtre comme un mélange de pâte blanche et de pâte non blanchie ; il est presque toujours indispensable, en ce cas, d'avoir recours de nouveau au blanchiment par le gaz ou par les chlorures.

Règle générale : le premier blanchiment se fait au gaz ; un second au gaz ne se fait que sur les chiffons très colorés ou chenevotteux ; un troisième, ce qui est rare, ne se fait qu'au chlorure. Les chlorures décolorants s'emploient en toute circonstance, sans que l'abus qu'on peut en faire entraîne, comme le gaz, à des déchets et des détériorations notables de pâtes. Le défilé blanchi au gaz doit être lavé immédiatement ; le défilé blanchi au chlorure est gardé avec avantage huit à quinze jours, et, contrairement à ce qui se passe pour le gaz, le défilé prend de l'éclat et de la blancheur en s'élavant. Quant à la couleur rouille de certains chiffons teints ou tachés par le fer, elle sera dissoute, après le premier blanchiment au chlore, par un bain d'acide hydrochlorique dans la proportion de 3 d'acide pour 1000 d'eau.

On a donné le nom d'antichlore à des réactifs qui ont la propriété de neutraliser, dans la pâte, le chlore en excès, et l'acide hydrochlorique produit par le fait de la décoloration ; l'emploi de ces réactifs a pour but d'annuler le lavage, qui est une cause de perte de temps, de matière et de force motrice, dans l'opinion, du reste fondée, que l'introduction du chlore à l'état libre, ou d'un acide dans le papier, nuit à sa coloration, à son collage et à sa durée. Ce ne sont pas là les seules causes qui produisent ces mauvais effets ; il faut en attribuer une forte part à la préexistance de la matière

colorante dénaturée ; l'élimination par lavage, ainsi éludée, ne satisfait pas entièrement.

Le carbonate de soude, introduit dès le commencement du lavage, neutralise l'acide hydrochlorique, et aide à la dissolution de la matière colorante ; qu'il soit ajouté à la fin de l'opération une certaine proportion d'ammoniaque, ou d'un sel ammoniacal à acide faible, le carbonate d'ammoniaque par exemple, le chlore restant sera masqué et les produits de la réaction inoffensifs. En procédant de cette manière, on gagne un peu de temps, et on a la certitude de n'éprouver aucune entrave de la part du chlore. Du reste, quoi que l'on fasse en ce genre, il y aura toujours présence de chlore dans les papiers de pâtes blanchies, soit à l'état de sels, soit combiné à la matière colorante en substitution de son hydrogène, laquelle ne saurait être expulsée à froid d'une manière rigoureuse, soit enfin par le tissu ligneux qui le condense, et le dérobe à l'action des agents dissolvants et réactifs. Des circonstances fortuites ou le temps seul, pourront développer de nouvelles tendances de la part du chlore, tenu pour ainsi dire à l'état latent, et affecter par une action lente l'organisation textile du ligneux. Bien que cette présomption se fonde sur quelque vraisemblance, aucune expérience assez précise n'a prouvé jusqu'ici qu'il en soit exactement ainsi. On a attribué la destruction lente de quelques papiers de machine aux procédés de blanchiment ; l'abus ou plutôt l'ignorance, qui a dû présider d'abord à leur application, en était seule coupable : les mêmes moyens, entre les mains de fabricants capables, n'ont jamais produits de semblables résultats. Quoi qu'il en soit, le meilleur antichlore et le meilleur lavage se réduirait, selon nous, à un lessivage du défilé blanchi.

Raffinage. La trituration des chiffons, suspendue pour permettre le blanchiment ou le mélange des diverses pâtes, est reprise et achevée par la pile raffineuse. La pile remplie convenablement d'eau est fournie en défilé par espèces et proportions déterminées. Le gouverneur fait appuyer graduellement le rouleau sur la platine, jusqu'à ce qu'enfin il y porte presque de tout son poids ; le gouverneur maintient le cylindre dans cette position, jusqu'à ce qu'il ait reconnu que la pâte est suffisamment battue ; mais comme elle offre des boutons de pâte, pour les faire disparaître, il *affleure*. L'affleurage consiste à tenir le rouleau au point juste où ses lames touchent à peine, effleurent celles de la platine ; par là, les filaments sont plutôt étirés que coupés, et tout ce qui excède leur épaisseur moyenne est, au contraire, fortement atteint. Le gouverneur s'étant assuré par un nouvel examen du bon aspect de la pâte, il lui donne issue par des conduits qui se rendent au réservoir ou cuvier de machine.

Pendant toute la durée du raffinage, qui peut être de deux à quatre heures, on doit spatuler fréquemment ; car, la matière qui chemine sur le fond et le long des parois de la pile est mise en retard par le frottement, ou par la longueur du parcours, qui excède de beaucoup celui qui s'opère autour de la cloison ; il en résulte une répétition inégale d'action, de la part des lames, sur diverses portions de la pâte.

Lorsque le papier doit être collé ou coloré, on introduit ordinairement dans la pile les matières préparées à cet effet, un peu avant d'affleurer.

C'est ici le lieu de rappeler ce qui a déjà été dit au défilage, à l'égard de l'état des lames de rouleaux et de platines ; cette condition a la plus grande influence sur la solidité du papier. Un raffinage précipité donne un papier mou, sans ténacité, d'un mauvais transparent et d'une surface plucheuse. Dans ce cas, la pâte retient peu d'eau lors de son feutrage ; elle est dite sèche ou *surge*. Si, au contraire, l'emploi du temps et des machines est bien ménagé, la pâte, quoique longue, donne des feuilles d'un transparent uniforme ; ses surfaces sont unies, sa substance dense, souple et carteuse ; cette pâte retient beaucoup d'eau, caractère que l'on exprime par les noms de pâte *verte* ou grasse. Règle générale : sont surges, les chiffons tendres, notamment les cotons ; les chiffons battus brusquement, battus avec des lames tranchantes ou dures ; ceux blanchis énergiquement au gaz ; ceux enfin triturés par une pile faiblement fournie en défilé : sont gras, les chiffons durs, neufs ; ceux battus longuement avec des lames douces un peu usées ; ceux non blanchis ou blanchis aux chlorures ; ceux battus en pilée copieusement fournie.

Maintenant que nous avons amené le ligneux du chiffon à l'état de pureté presque parfaite, et rendu propre à prendre la forme de papier, disons quelques mots des substances qui y entrent en mélange ou en combinaison, toutes les fois qu'il s'agit de donner le papier de nouvelles propriétés. Les principales sont : l'encollage et la coloration.

Colle animale. Les matières employées dans la préparation de la colle animale ou gélatine sont : les rognures de peaux non tannées provenant des corroyeurs et des bourreliers, les tendons, les cartilages et plus particulièrement les pieds de mouton, de chèvre et de chevreau (voyez COLLE FORTE, GÉLATINE). On prépare cette colle de la manière suivante : ces débris ayant été chaulés, ils subissent une macération de deux jours dans l'eau pure, puis ils sont parfaitement lavés à l'eau acidulée et débarrassés des malpropretés dont ils sont toujours chargés ; on les introduit dans une chaudière de cuivre avec dix fois leur poids d'eau, en les plaçant dans un panier, afin que dans la cuisson ils ne puissent s'attacher aux parois. Le feu se conduit graduellement et de manière à éviter l'ébullition ; on projette une petite quantité de chaux vive en poudre pour absorber les graisses, on écume et l'on recommence ce traitement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'écume produite : à ce point on laisse baisser un peu la température du liquide ; six heures après, si on en verse un peu sur une assiette et qu'il s'y fige en quelques instants, il est bon à être soutiré ; on le passe à travers une chausse ou un drap de laine, étendu au-dessus d'un cuvier large et peu élevé faisant office de réservoir. Cette première cuite terminée, on recharge aux deux tiers la chaudière d'eau, on fait bouillir doucement ; et si on ne veut pas fractionner les produits, on réunit cette dernière cuite à la précédente ; laissant reposer et refroidir, on a pour résultat une gelée transparente presque incolore ; elle doit être conservée dans un lieu frais et aéré ; s'il arrive qu'elle tourne par un temps chaud ou orageux, on y remédie en la faisant chauffer et ajoutant de l'acétate de plomb ; on agite, puis on laisse déposer ; il est facile de prévenir cet inconvénient en ajoutant l'acétate de plomb aussitôt après le soutirage, cela contribue encore à une prompte clarification.

Pour préparer une cuve ou mouilloir, on mêle à 100 kilogr. de gelée maintenue liquide par une chaleur convenable, 1 kilogr. d'alun, et lors des grandes chaleurs où le collage est plus difficile, on ajoute 30 grammes d'hydrochlorate d'ammoniaque ou de sulfate de zinc.

On conseille, pour la fabrication de la gélatine incolore, l'emploi d'un bain d'acide sulfureux dissous dans l'eau, après fermentation légère à l'eau pure des colles-matières ; mais cette gélatine est plus exposée à se décomposer par l'influence de l'air chargé des odeurs de la floraison des plantes ou de leur dessiccation.

La mise en colle des papiers exige, de la part de l'ouvrier qui en est chargé, une certaine habitude de maniement et des attentions particulières en raison de l'épaisseur, de la nature, de la sécheresse de la pâte et de l'état de l'air atmosphérique. Le colleur prend une poignée de 100 feuilles de papier ou plus, il les plonge dans la colle et les écarte avec soin pour les en impré-

guer également; la colle superflue est expulsée par une mise sous presse; les feuilles, transportées dans une salle nommée étendoir, sont séparées et étendues sur des cordeaux pour y être séchées. Une dessiccation rapide atténue la faculté collante de la gélatine; il suffit de remouiller et matricer le papier manqué de colle par cette circonstance, puis de le faire sécher lentement pour voir reparaître la colle avec son imperméabilité. Ce fait est la conséquence d'un phénomène de capillarité qui transporte insensiblement la gélatine contenue dans l'épaisseur de la feuille vers ses surfaces, lesquelles sont rendues absorbantes par la déperdition d'humidité qu'elles éprouvent sans cesse; les liquides ainsi appelés à la superficie y charrient les matières dissoutes qui s'y concrètent en une sorte de pellicule imperméable. La dessication prompte produit une concentration brusque qui interrompt ce mouvement.

Le collage à la gélatine s'effectue difficilement, mais il fournit pour les papiers de luxe des produits si supérieurs que les Anglais n'ont jamais voulu l'abandonner et sont parvenus à l'exécuter à la suite de la machine. Le procédé consiste à faire passer le papier séché comme à l'ordinaire dans la colle, puis à le sécher de nouveau à une température qui ne dépasse pas 25° pour ne pas altérer la colle, et cela en lui faisant parcourir une grande étendue sur 25 ou 30 tambours à claire-voie dans lesquels tournent des ventilateurs qui projètent de l'air chaud.

Colle végétale ou savon de résine. En voici la préparation : dans une dissolution de soude partiellement caustique et tenue en ébullition, on introduit par portion de la colophane concassée en petits morceaux; on agite continuellement. Sur une masse totale de 500 kilogr., la cuite s'effectue en cinq heures environ.

Les proportions des matières employées sont :

100 colophane;
80 cristaux de soude;
80 eau;
10 chaux.

La chaux étant éteinte est délayée dans la dissolution de soude très chaude, ou mieux en ébullition; après repos, on tire au clair la lessive que l'on verse immédiatement dans une chaudière en cuivre chauffée à feu nu ou au bain-marie; puis, ajoutant la colophane comme il a été dit, on obtient pour résultat 200 kilogr. de colle ainsi composée :

100 colophane;
20 soude caustique;
80 eau.

D'un autre côté, il reste dans le dépôt de chaux carbonatée une certaine quantité de soude assez incommode à séparer et qu'il vaut mieux consacrer au lessivage; la quantité d'eau est diminuée aussi par l'évaporation, et les cristaux de soude en fournissent, puisqu'ils contiennent 64 pour 100 d'eau. Il est clair qu'il faudra diminuer proportionnellement le chiffre du carbonate de soude lorsqu'on l'emploiera calciné (sel de soude) et augmenter celui de l'eau.

La cuisson à feu nu nuit à la blancheur de la colle, l'action des coups de feu étant immédiate; l'emploi de la vapeur, quoique préférable, présente l'inconvénient d'augmenter le volume d'eau faisant partie de la colle et d'apporter plus de lenteur dans la combinaison; un bain-marie salin est préférable de beaucoup, en ce qu'il obvie à tous ces inconvénients et donne une température fixe et supérieure à 100°. On peut abréger cette opération en fondant à une chaleur douce la résine au lieu de la pulvériser, et la versant lentement dans la lessive chaude vivement agitée; la combinaison se fait ainsi presque instantanément, et il ne peut rester aucun grain de résine non dissous. Dans tous les cas, la chaudière où se font les cuites ne doit être remplie qu'aux deux tiers, et porter à sa partie supérieure une large ouverture ou trop plein pour l'écoulement de la colle lorsqu'elle est exposée à déborder par l'effet du boursoufflement.

Du galipot peut être ajouté à la colophane lorsque celle-ci est reconnue trop sèche.

Pour enlever une grande portion de la matière colorante de la résine, on augmente la proportion de soude et d'eau; par le refroidissement et le repos, la colle produite se sépare en deux matières, l'une molle, d'un jaune pâle, l'autre liquide, brune et très alcaline; par la décantation, on sépare l'une de l'autre, on colle avec la substance solide et l'on fait rentrer la liqueur brune dans la fabrication d'une colle inférieure, ou on la caustifie par la chaux pour s'en servir au lessivage. On a reconnu, par expérience, que la colle préparée longtemps d'avance est d'un meilleur emploi que la colle récemment fabriquée.

Quand on procède à l'encollage du papier, on dissout la colle dans un cuvier d'eau bouillante; on laisse reposer, on décante dans un cuvier inférieur et on passe en même temps au tamis de laine. Dans un grand nombre de fabriques, on saisit ce moment où la colle filtrée est encore très chaude pour y faire crever de la fécule délayée d'avance à l'eau tiède; d'autres préfèrent cuire la fécule à part pour être plus maîtres d'en augmenter la dose.

La dissolution prête est versée lentement dans la pile raffineuse et spatulée; cinq minutes après, la dissolution d'alun étant ajoutée, l'encollage est effectué.

Soient les dissolutions préparées sur 100 parties comme suit :

10 colle.	10 alun.
90 eau.	90 eau.

Pour coller 100 kilog. de pâte, on prend 40 litres de colle et ensuite 40 litres d'eau alunée, ce qui équivaut à 4 kilog. de colle et 4 kilog. d'alun, quantité suffisante avec des eaux de bonne qualité et pour des papiers de force moyenne; cette dose sera forcément de beaucoup augmentée dans les eaux calcaires. L'encollage ainsi opéré laisse dans le papier 33 pour 100 des matières solides employées; il augmente le poids produit en papier de 3 pour 100 environ, tandis que la colle animale lui rend 6 pour 100 au moins.

Le sulfate d'alumine est substitué avec quelque économie à l'alun; on l'emploie ordinairement dans le rapport approché de 2 1/2 pour 4 d'alun, car il contient plus ou moins d'eau; rarement il est exempt de fer.

Si l'alun est reconnu légèrement ferrugineux, l'addition d'une quantité convenable de prussiate de potasse entraîne le fer sous la forme d'un précipité de bleu de Prusse; si la proportion était considérable, il faudrait renoncer à son emploi dans les papiers blancs ou teints en couleurs végétales tendres.

Quant à la fécule, elle doit être parfaitement blanche et pure; sous ce rapport, la fécule *verte* offre plus de chances de propreté que celle qui est sèche; en tous cas on la tamise dans l'eau sur une toile métallique fine, afin d'être assuré de sa parfaite division; le moindre grumeau ferait tache dans le papier. Quand on cuit avec la colle, on ne peut dépasser 10 kilog. pour 10 kilog. de colle, et, cuite à part, la pâte pourra en être chargée sans inconvénient grave jusqu'à 6 pour 100. La gelée de fécule doit conserver un ton opalin; lorsqu'elle est parfaitement transparente, elle est trop cuite et fait coller le papier sur les cylindres sécheurs.

La fécule rapproche et unit les fibres du papier, elle le rend plus dense, plus ferme et moins spongieux; la résine, combinée à l'alumine, lui donne seule la propriété hydrofuge.

Les eaux séléniteuses sont un obstacle à la réussite de l'encollage; les sels de chaux et quelques autres en

présence du savon résineux échangent leurs acides et leurs bases, et donnent pour produit un précipité non collant qui ternit la blancheur du papier et augmente les difficultés ultérieures de la fabrication ; dans ce cas, nous conseillons de verser l'alun en premier dans la pile, on évitera une petite perte de colle, puis l'embarras du boursoufflement de la pâte, quelquefois si considérable qu'elle ne tourne plus dans la pile. L'emploi d'une dissolution de verre soluble (silicate de soude) nous semble offrir le réactif le plus propre à transformer les sels contenus dans les eaux douces en des composés incolores et sans action sur la colle résineuse comme sur les matières colorantes. Il arrive parfois à la colle de donner lieu à une grande production de mousse, la cause peut en être attribuée à la colle elle-même qui n'est pas assez cuite ou trop nouvelle faite, aux défilés mal élavés, à certaines couleurs dont on a teint la pâte, et enfin à la nature des eaux ; lorsqu'on ne peut écarter la cause, on remédie par l'addition dans la pile de quelques grammes d'huile d'œillette ou par quelques décilitres de lait, remèdes dont il faut le plus possible s'abstenir de faire usage.

COLORATION DES PATES. Les limites de cet ouvrage nous interdisent de traiter cet article avec tout le développement désirable, vu la multiplicité de détails dont il y aurait à le charger ; nous nommerons seulement ici les couleurs dont l'emploi est le plus fréquent. Quant aux chiffres de dosage, ils doivent être pris pour guide et non comme termes absolus ; le degré de pureté des produits de l'industrie, et la richesse de ceux qu'offre la nature est bien loin d'être invariable, c'est donc au fabricant à faire un essai préparatoire, afin de s'assurer qu'il n'y a pas excès d'une substance sur une autre, quand elles doivent entrer en combinaison ; excès qui est toujours une perte réelle, lors même qu'il ne porte point de trouble dans la fabrication. Les substances minérales sont employées en dissolution dans l'eau ; les substances organiques sont extraites par décoction.

BLEU. *Bleu de Prusse.* Il s'obtient par 95 de sulfate de fer et 100 de prussiate de potasse ; sa teinte varie du bleu verdâtre au bleu violacé, selon son degré d'oxygénation. Si le sulfate de fer ne contient pas de cuivre, et que le précipité se fasse au sein d'une liqueur acide et ensuite parfaitement lavé, la vivacité et la pureté de la teinte en sera augmentée.

Bleu au bois d'Inde. 6 de sulfate de cuivre ; 100 de bois d'Inde en copeaux.

Bleu de cobalt, pulvérulent, d'un grand éclat, inaltérable. Il suffit, au moment de s'en servir, de le délayer dans l'eau et de le passer à un tamis fin.

Bleu d'outre-mer ou *bleu Guimet*, plus riche que le précédent, également en poudre, moins dense, décomposable par les acides : ces deux espèces de bleu sont surtout consacrées à l'azurage des pâtes blanches de belle qualité.

JAUNE. *Chrômate de plomb.* S'obtient par 40 de bi-chrômate de potasse et 100 d'acétate de plomb. Lorsqu'on verse la dissolution de bi-chrômate dans celle d'acétate, on obtient la nuance citron ; si, au contraire, c'est l'acétate qui est versé dans le bi-chrômate, il en résulte un jaune bouton d'or.

ROUGE ou ROSE. Les bois de Sainte-Marthe et de Fernambouc sont employés dans le rapport approché de 100 avec 5 de sel d'étain, ou, ce qui est préférable, avec une dissolution de 2 d'étain par faite dans un mélange de 6 d'eau, 6 d'acide nitrique et 3 d'acide hydrochlorique, en ayant soin d'éviter l'échauffement pendant la dissolution. Le tannin que contiennent tous les bois de teinture doit être préalablement isolé au moyen de l'addition de 1 kilogr. environ de gélatine : négliger cette précaution serait exposer la couleur à noircir en présence de la plus petite quantité de fer.

VERT. Mélange de bleu de Prusse verdâtre et de chrômate de plomb jaune citron.

VIOLET. Bois de Campêche et alun.

LILAS. Bois de Campêche et sel d'étain. L'addition de lait écrémé à la décoction en sépare une matière colorante fauve que l'on retient par la filtration : on obtient ainsi une nuance plus fraîche.

JAUNE CHAMOIS. S'obtient par 85 de sulfate de fer et 100 de cristaux de soude ; puis dissolution aqueuse de chlore en suffisante quantité pour faire tourner la couleur du vert au jaune ; pour les papiers communs, on emploie l'ocre jaune.

Par l'azurage, on n'a pas toujours pour objet de colorer légèrement en bleu, mais, le plus souvent, de masquer un défaut de blancheur par l'addition d'une teinte complémentaire. Le ton à corriger étant communément jaunâtre, on a recours, pour le faire disparaître, au bleu ou au violet ; lorsque la proportion n'en est pas excédante, le papier demeure blanc mat ; si elle la dépasse, il est dit azuré.

Le rose de Fernambouc, le lilas de Campêche et le bleu de Prusse servent pour l'azurage des pâtes blanches ordinaires ; les bleus de cobalt et d'outre-mer, pour les qualités supérieures. Le cobalt présente l'inconvénient de se déposer sur le revers de la feuille, et de donner ainsi un azur plus intense sur une face que sur l'autre ; il est particulièrement employé, lorsqu'on doit encoller à la gélatine. Le second a plus de feu et ne se dépose pas sensiblement ; mais il est peu stable et se décolore, si l'eau dans laquelle on travaille n'est pas pure de chlore, d'acide ou d'un excès de sel acide, tel que l'alun. Pour un azurage léger, on compte 3 kilogr. de bleu de cobalt, ou 1 kilogr. de bleu d'outremer, pour 100 kilogr. de papier.

L'azur se met dans la pile après l'encollage : le même ordre est généralement suivi pour les autres colorations.

Les papiers de couleur, collés à la gélatine et séchés à l'air, sont d'un ton plus éclatant et plus frais que ceux collés à la résine et séchés à la machine : on doit remarquer aussi que le satinage, ou apprêt à la lisse, fonce les teintes.

MACHINE A FABRIQUER LE PAPIER CONTINU. La pâte convenablement préparée étant réunie dans un grand cuvier placé en tête de la machine, on la fait arriver par un robinet ou un appareil régulateur, dont on règle la dépense en raison des besoins, dans le premier compartiment de la cuve à *ouvrage* ou *vat* A (fig. 1971), doublée en zinc, dans laquelle tourne un agitateur *a* qui mêle la pâte avec l'eau versée par le robinet ; quatre vannettes *b* la distribuent sur l'épurateur B, composé d'un cadre en cuivre à quatre compartiments contenant quatre autres cadres ou tamis *b'* également en cuivre ; un mouvement oscillatoire est imprimé à l'épurateur par une roue à rochet *b''*, dont les dents font lever et baisser les branches B'. Cet épurateur retient les boutons, et laisse passer la pâte au travers du tamis *b'* dans le second compartiment A', où elle est de nouveau remuée par l'agitateur *a'* ; de là elle passe par la vanne C, dont l'ouverture est réglée par le levier *c* ; elle traverse ensuite plusieurs coulisses *c''*, qui l'obligent à s'étendre en largeur, et arrive dans la caisse D, où elle dépose le gravier dont elle peut être chargée ; de là, maintenue à droite et à gauche par les règles *d*, elle se répand sur la toile métallique E, portée, dans une partie de sa course, sur les petits cylindres en cuivre *c'*, engagés, par leurs tourillons, dans les règles *e*. L'ensemble de la toile et des rouleaux est ce qu'on appelle la *forme* ou la table de fabrication.

La toile métallique, tendue par des rouleaux *f* et passant sur un cylindre de renvoi *d''*, a une marche constante comme une corde sans fin ; elle éprouve,

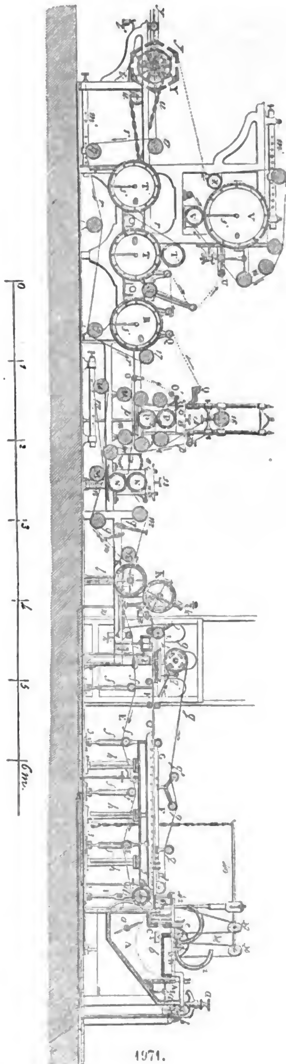
pendant son parcours, un mouvement latéral très rapide de va-et-vient, qui lui est imprimé par un cadre en fonte F auquel elle est attachée Ce cadre porté par des pieds *ff*, mobiles dans le sens latéral de la machine, sur des axes ou goupilles 3, est mû par un levier F'. Le mouvement oscillatoire qu'éprouve la toile feutre le papier, et remplace le travail du plongeur ou ouvreur.

Pour déterminer la largeur qu'on veut donner à la nappe de pâte, on emploie deux règles G; leur plus grand écartement est dans la plupart des tables de $1^m,40$; les petites poulies en cuivre *g*, qu'elles portent, guident une courroie sans fin *g'* en cuir ou en tissus et caoutchouc de 2 centimètres d'épaisseur appelée aussi *couverte*. Cette courroie, qui marche avec la même vitesse que la toile métallique et passe sur la poulie de renvoi *g''*, a pour effet d'émarger la pâte humide dans son trajet sur les rouleaux *e*; elle se nettoie en traversant la petite cuvette 4, où elle reçoit un jet d'eau par un tuyau *g'''*. L'eau s'écoule de la cuvette par une goulotte.

La toile métallique entraîne la pâte en égalisant son épaisseur, et laissant, pendant sa marche, passer à travers les mailles et s'égoutter, dans la cuvette plate H portée par des pieds en fonte *h*, l'eau dans laquelle la pâte n'est que suspendue; cette cuvette a une légère inclinaison, afin que l'eau s'écoule par un conduit et retourne à la danaïde *z*, qui la renvoie dans le réservoir supérieur. Une petite caisse 5 est disposée à l'extrémité antérieure de la cuvette H; un tuyau 6 y amène de l'eau qui est chassée par une fente sur toute l'étendue du rouleau de tête ou de retour *d''*, et entraîne la pâte qui pourrait s'y attacher. 7,7, sont des tuyaux en cuivre percés de petits trous, dans lesquels arrive l'eau pour arroser et laver la toile à son retour. Cette toile, après avoir passé successivement sur les rouleaux *e* de la forme et sur ceux qui la dirigent vers les presses K, K', rencontre, en quittant les courroies *g*, une caisse I sur laquelle elle glisse. Cette caisse, fixée au bâti et occupant toute la largeur de la machine, contient quatre petits rouleaux semblables à ceux *e*. Un vide de quelques centimètres de mercure s'y établit au moyen d'un aspirateur; l'idée de ce dispositif est due à M. de Canson; il consiste en une pompe pneumatique composée de trois cloches plongeant dans une cuve remplie d'eau, et mises en mouvement par un arbre à trois coudes formant manivelle. Un tuyau établit la communication entre la caisse I et l'aspirateur. (Voir, pour le détail de cette machine, le Recueil de feu M. Leblanc.) Cette opération a pour but de faire égoutter les pâtes *grasses* ou d'une épaisseur notable. En effet, le papier, presque liquide, reçoit en passant la pression de l'atmosphère, qui force l'eau à traverser la toile métallique et à tomber dans la caisse I, d'où elle s'échappe par un tube coudé *i*. On évite ainsi les *écrasés* sous la presse humide, où le papier arrive après avoir passé sous le rouleau égoutteur J, qui l'affermit et le prépare à cette première pression, en même temps qu'il fait couler l'eau qu'il pourrait encore contenir.

Le cylindre J est composé de deux toiles métalliques superposées, de finesse de maille différente; la plus fine forme la circonférence extérieure; une raclette en bois, *j*, garnie de drap, en appuyant sur le cylindre, la nettoie.

La presse humide, ou première presse, est composée de deux cylindres en cuivre K, K', revêtus chacun d'un manchon en feutre; le papier y est pressé et prend assez de consistance pour être abandonné un instant à lui-même dans le court trajet du cylindre K au rouleau M; cette pression est réglée par deux leviers *k* portant chacun un poids *k'*. Une raclette en bois *k''*, le long de laquelle un tuyau 10, jette de l'eau, nettoie le cylindre K.



1971.

M, M', sont des rouleaux diversement supportés ; l'un d'eux, M', sert à tendre le feutre *m*, dans le sens de sa longueur, à l'aide des règles *m'*, sur lesquelles les supports peuvent glisser et être fixés par une goupille au point convenable. La tension, suivant la largeur, s'obtient par les tirettes *q*, composées de deux petits galets qui pincent la bordure en cuir du feutre.

La toile métallique, ayant déposé le papier sur le feutre *m*, revient en glissant sur les rouleaux de tension *f*; les jets d'eau partis des tuyaux criblés 7, la débarrassent des particules de pâte dont elle serait restée chargée.

Le feutre coucheur *m*, faisant suite à la presse humide, conduit le papier sous les cylindres en fonte N, N', de la deuxième presse. Ces cylindres, montés dans une cage 11, sont serrés l'un contre l'autre par la vis 12. Une raclette en fonte *n'*, composée d'une lame mince pincée fortement entre une règle en fer et le corps de la racle et fixée par des vis, nettoie le cylindre supérieur N'.

Le papier est pressé entre les cylindres N, N', à nu d'un côté, tandis que de l'autre il repose sur le feutre *m*; celui-ci lui fait faire encore un court trajet, puis il l'abandonne pour le laisser passer sur les cylindres O, O'; après quoi, il est saisi par le feutre *p* tendu par un rouleau supérieur 16, qui le conduit entre les cylindres en fonte P, P', de la troisième presse, où il subit la même opération que précédemment, mais en sens inverse, afin de lui ôter l'*envers* que lui a laissé la deuxième presse. Les cylindres en fonte P, P', sont montés dans une cage 13; le cylindre supérieur est serré contre le cylindre inférieur par une vis 14; une raclette 15, semblable à celle des cylindres N, N', le nettoie. L'eau qui s'égoutte du papier, par l'effet de la pression, tombe dans une cuvette *p'*; il y en a une semblable sous la presse N.

En sortant de la presse P, le papier passe sur les rouleaux en cuivre Q, Q', et arrive sur le premier cylindre sécheur en fonte R, dans lequel la vapeur est introduite par un tuyau commun *s*, parcourt l'intérieur du cylindre, l'échauffe, et s'échappe en partie condensée par le tuyau plongeant *s'*, qui, avec le précédent, fait partie de la même pièce qui pénètre dans le cylindre par l'orifice ouverte au centre de l'un de ses tourillons; un robinet adapté à chaque cylindre règle l'entrée de la vapeur.

Un feutre épais et d'un lainage fin *r*, passant sur des rouleaux 17, 17, presse le papier contre la paroi extérieure du cylindre R. En quittant ce cylindre, il suit la marche du feutre *r* passant sur le rouleau *s*, pour l'amener à un autre séchoir T, également chauffé par la vapeur, dont il parcourt les trois quarts de la circonférence et y subit la même opération que sur le premier séchoir; au moment d'en sortir, il rencontre le cylindre apprêteur T'', qui lui donne un premier apprêt d'un côté.

Après avoir éprouvé la chaleur des cylindres sécheurs, le papier remonte jusqu'aux rouleaux U, U', d'où il descend pour venir recevoir entre le cylindre V', également en fonte, chauffé par la vapeur, et le cylindre V, un deuxième apprêt ou satinage du côté opposé au premier. En quittant le cylindre V', le papier passe sur le rouleau X, et vient enfin s'enrouler sur les dévidoirs Y, composés d'une couronne *y''* et de broches à équerre maintenues en place chacune par une vis de pression. Le quatrième cylindre sécheur T' sèche le feutre ou bien encore le papier.

Le premier dévidoir étant suffisamment chargé de papier (60 à 80 épaisseurs), on coupe la feuille, on fait basculer le levier *y*, et le second dévidoir vient occuper la place du premier; le bout du papier coupé est posé sur un des liteaux de ce dévidoir, et l'y accompagne jusqu'à ce qu'il ait fait un tour.

Les épaisseurs de papier sont divisées transversalement et d'un seul coup, et ensuite porté sur des tables à rainures, où le papier est de nouveau coupé suivant les besoins du format.

La machine entière absorbe une force évaluée à trois chevaux; elle peut être considérée formée de trois parties bien distinctes par ses fonctions, et par les vitesses différentes qu'il est utile d'imprimer à chacune d'elles en particulier; on en concevra la raison, si l'on songe à l'allongement que le papier humide doit éprouver par le moindre effort de traction. De là résulte l'obligation de faire marcher la deuxième presse plus vite que la presse humide, la troisième presse un peu plus vite que la deuxième, et les sécheurs, à très peu près, comme la troisième presse : ces divers mouvements sont rendus variables par des transmissions par poulies extensibles.

Plus le papier est mince, plus son étoffe s'étend, et plus, par conséquent, l'accroissement de vitesse relative devient nécessaire. Si cet appel est insuffisant, il se produit des fronces qui font pli en passant sous les pressions et dans les sécheurs; s'il y a excès de tirage, il y a rupture fréquente de la feuille. Les papiers de force moyenne s'allongent ainsi de plus d'un vingtième depuis la table de fabrication jusqu'aux sécheurs, et ils perdent en largeur par la dessiccation un soixantième environ. Les papiers minces doivent se fabriquer vite, c'est-à-dire à raison de 15 à 20 mètres de longueur par minute : il n'y a pas avantage réel à dépasser ce terme; et les papiers forts entre 5 et 8 mètres : on est arrêté ici par la difficulté de sécher la feuille, et d'exprimer rapidement l'eau au moment où elle se forme. Cependant, en chauffant l'eau, on en augmente la fluidité; la pâte semble perdre alors, en grande partie, sa propriété spongieuse. A cet effet, un tube de vapeur dirigé sur le vat plonge dans la pâte qu'il contient.

La dessiccation du papier doit être conduite avec un grand soin; celui qui est imparfaitement sec est mou, godé et rugueux; celui qui l'est trop est *crispé*, plissé, cassant et mal apprêté. La chaleur doit être graduée, en augmentant son intensité du premier cylindre sécheur au dernier. Il y aurait lieu, à cette occasion, de rechercher l'origine des mal façons de la fabrication à la machine, et de les accompagner des moyens de les prévenir ou d'y remédier; mais les causes qui ont leur siége dans la machine elle-même, et celles dont l'origine est dans la pâte, sont nombreuses, et se combinent si diversement entre elles, qu'elles créent une série que, à notre regret, nous devons nous abstenir d'aborder. Du reste, il faut le dire, en pareille matière, quelque soit l'excellence des préceptes, la mobilité des circonstances, l'imprévu, les rendront insuffisantes; une pratique éclairée obvie seule à cet ordre de difficultés.

CASSÉS, ROGNURES. On entend par cassés le papier déchiré accidentellement pendant le travail de la machine, soit sec, soit humide, devenu par là impropre à figurer dans le produit en bon de la fabrication; il en est de même pour les rognures quant au résultat; seulement elles tombent par la coupe du papier, lorsqu'on affranchit les *rives* ou lisières de la feuille, ainsi que le biseau formé transversalement par le contour du dévidoir. La proportion de ces dernières au papier est ordinairement de 6 pour 100; on réduit à près de moitié ce chiffre, en employant une machine spéciale qui coupe le papier en long et en travers d'une manière continue. Cette disposition, adoptée en Angleterre, donne de bons résultats.

Les cassés et rognures sans colle, recueillis avec la plus grande propreté possible, sont reportés par portions à la pile raffineuse pour y être battus et transformés de nouveau en pâte ouvrable; quant à ceux qui sont collés, ils sont trempés et parfaitement brassés à l'eau bouillante avant d'être envoyés au cylindre. Il est souvent préférable de ne faire resservir ces débris

que dans une pâte qui leur soit un peu inférieure en beauté, car ils reproduisent toujours un papier moins pur et plus terne.

SALLE D'APPRÊT. Les papiers fabriqués et coupés sont immédiatement transportés dans cet atelier pour y être visités et classés. S'ils sont sans colle et destinés à être collés à la gélatine, on leur donne cet encollage après un premier choix et un épluchage, dans lequel on doit s'appliquer à ne laisser aucun bouton, et, ainsi que les papiers sans colle ou collés à la résine, ils rentrent à la salle pour y recevoir la dernière façon qui les rend livrables au commerce. La nature de ces dernières préparations peut se résumer à peu près ainsi et dans l'ordre suivant : le papier est *épluché*, c'est-à-dire que les boutons de pâte que l'épurateur n'a pu arrêter sont enlevés à l'aide d'un grattoir, et, au fur et à mesure, chaque feuille est classée en raison des légères imperfections qu'elle peut accuser. Cette répartition se fait en trois choix, au plus, de papier vendable ; vient ensuite le choix des *utilisés*, qui portent un défaut qui les ferait rejeter aux rognures, s'il n'était disposé de façon à disparaître dans la recoupe d'une réduction de format, et enfin, les *cassés*, feuilles trop incomplètes ou trop défectueuses pour qu'on en puisse tirer parti autrement que par la refonte. Les premier, deuxième et troisième choix sont mis en presse, à plat, par poignées de 500 à 1000 feuilles entre des plateaux de bois ou de carton, puis soumis à un nouvel examen ou simplement échangés. *L'échangeage* a pour but de donner de l'uniformité au grain du papier, en changeant la disposition des feuilles les unes à l'égard des autres pour établir le contact entre des points différents : on remet en presse. L'épluchage, l'échangeage et la pressée sont répétés plusieurs fois, si la qualité du papier l'exige ; et, dans le cas où il serait irrégulier d'épaisseur ou de nuance, il est, en outre, rassorti selon ces deux conditions ; enfin, il est compté par cahiers ou par mains réunies en rame, et mis encore sous presse avant d'être couvert d'une maculature ou enveloppe.

Les apprêts à la presse font disparaître les rugosités du papier sans effacer le grain de son étoffe ; la lisse, à son tour, a pour objet d'en faire disparaître le grain. L'emploi de cette dernière machine est restreint à certaines sortes de papiers ; c'est un laminoir à deux cylindres en fonte dure, d'une cylindricité rigoureuse ; l'un des deux reçoit le mouvement, et commande à l'autre seulement par le fait du travail. Pour pratiquer le lissage, on intercale, entre des feuilles de carton ou de métal, les feuilles de papier à apprêter, de sorte que chacune d'elles touche par ses deux surfaces aux surfaces de deux cartons ; un certain nombre de feuilles ou *jeu*, ainsi disposé, est engagé d'un côté de la lisse entre les deux cylindres, qui le restituent de l'autre, après lui avoir fait subir une pression considérable. Les cartons spécialement destinés à cet usage doivent être lisses, d'égale épaisseur dans toute leur étendue, souples, inextensibles, minces et très résistants. Les feuilles métalliques sont d'acier, de zinc ou de cuivre ; mieux que les cartons, elles doivent posséder les qualités que l'on recherche dans ceux-ci ; il les faut exemptes de gerçures, soufflures et d'ondulations qui détruiraient la rectitude de leurs surfaces.

Le papier est dit *lissé*, *satiné*, *glacé*, en raison de l'aspect qu'il présente à la suite d'une pression plus ou moins énergique ; lissé : il est un peu plus uni, plus lisse qu'apprêté à la presse ; satiné : il est doux au toucher, un peu brillant, sans avoir acquis de transparence ; glacé : il est glissant au toucher, brillant, d'une plus grande transparence. Le lissage et le satinage s'obtiennent avec les cartons ; mais le glaçage ne peut s'opérer qu'avec les feuilles de cuivre, etc.

Il est évident que le nombre de feuilles, leur surface, et le temps qu'elles mettront à passer entre les cylindres, seront autant de causes qui modifieront l'effet produit par une pression donnée. Les jeux sont ordinairement d'une main ou 25 feuilles ; pour obtenir le satinage, on les passe au moins deux fois à la lisse. La force dépensée dans les diverses circonstances de travail est extrêmement variable, comme limites extrêmes ; nous prendrons un demi-cheval et trois chevaux.

La pression qui, dans la plupart des lisses, s'exerce à l'aide de vis, a cela de défectueux, que, comme résistance à point fixe et insurmontable, elle n'est point égale sur toutes les parties du jeu, dont l'épaisseur ne peut être rigoureusement uniforme. Il résulte de là que, lorsqu'il s'agit de produire une forte pression, pour glacer, par exemple, les feuilles métalliques éprouvent un laminage inégal, se gondolent et se plissent en peu de temps. En substituant aux vis l'effort constant de leviers chargés de poids, ce grave inconvénient disparaît. Une disposition particulière apportée au mouvement et à l'embrayage, qui commande la lisse, permet le renversement du mouvement rapidement et sans secousses, de telle sorte que le jeu en travail, n'étant pas dessaisi par les cylindres, peut passer et repasser un nombre de fois pair, en faisant son entrée et sa sortie par le même côté, et n'exiger ainsi que le service d'un seul ouvrier.

FABRICATION DU PAPIER A LA MAIN. — Malgré le bas prix, la surabondance et la beauté des produits de machine, le commerce a dû réserver une place distinguée à quelques papiers de *cuve*, qui jusqu'à présent satisfont seuls aux exigences de certaines consommations. Nous ne croyons donc pas pouvoir nous dispenser de rappeler, au moins succinctement, la marche que l'on suivait dans le travail dit à la *main* ou à la *forme* ; ce travail ne s'est modifié essentiellement que par la préparation des pâtes, qui est en tout semblable à celle adoptée à la machine ; la mise en œuvre est demeurée exactement la même que ce qu'elle était autrefois.

Avant l'introduction des piles de cylindre, connue en Hollande dès le milieu du dix-huitième siècle, la trituration s'opérait à l'aide de pilons ou maillets ; pour favoriser l'action peu puissante de ceux-ci, on avait été conduit à faire subir aux chiffons un degré de fermentation suffisant pour les attendrir, sans porter trop de préjudice à la solidité du papier.

Les chiffons étant coupés et choisis sont mouillés et mis en tas dans un lieu nommé *pourrissoir* ; en peu de jours, la fermentation putride se développe au sein de cette masse avec production considérable de chaleur ; le tas est retourné de temps à autre, afin de régulariser et de modérer l'effet de la fermentation. Selon le papier à fabriquer, la qualité du chiffon et la température du lieu, cette opération dure de 5 à 20 jours.

Du pourrissoir, le chiffon est transporté aux piles de maillets qui ont pour fonction, ainsi que nous l'avons vu pour les cylindres, de détruire leurs tissus, de lui enlever les impuretés dont il est souillé et de l'amener à l'état de pâte parfaite. La pile de maillets est une cuvette en bois ou en pierre deux fois aussi longue que large, le fond est garni d'une masse métallique ou platine, laquelle reçoit le choc de trois ou quatre maillets ferrés placés de front ; ces maillets sont mis en mouvement par un arbre horizontal armé de cames qui les soulève et les laisse retomber, en commençant par une extrémité du rang et finissant par l'autre. Cette chute successive produit un déplacement dans la matière en trituration qui la pousse constamment dans le même sens et y détermine un mouvement de circonvolution que l'on favorise encore par la forme particulière donnée aux contours intérieurs de la cuvette. La pile est alimentée d'eau par un robinet à eau claire, tandis que l'eau salie à sa sortie sur le côté par un *cas* ou châssis garni de toile de crin ou de tissu en fils métalliques ; à fleur du

fond est aussi un grillage nommé *épierrier* ou sablier qui retient les corps lourds déposés par la pâte. Le défilage terminé, les maillets sont soustraits au mouvement du moteur, la pile est vidée et son contenu transporté dans une autre pile du même genre, mais disposée pour en effectuer le raffinage. Ces appareils ont le grave inconvénient de ne donner qu'un effectif de travail utile très faible, d'occuper un grand emplacement et d'obliger à de fréquents transports de pâte, aussi n'en conserve-t-on l'usage que pour quelques emplois particuliers ; ils sont donc presque totalement remplacés par la pile à cylindre. Celle-ci fut adoptée d'abord en France, puis en Angleterre ; le produit de son travail est estimé quadruple de celui des maillets ; l'énergie d'action du cylindre a conduit naturellement à la suppression du pourrissage des chiffons, opération embarrassante, altérant la solidité et la blancheur du ligneux, occasionnant surtout beaucoup de déchet.

La pâte raffinée est transportée à la cuve à ouvrer où elle est délayée dans une quantité convenable d'eau ; cette cuve est en pierre, en cuivre ou en bois ; elle a environ 1m,50 de côté sur 1m,10 de profondeur ; au-dessus, et portée par les bords opposés, est une planche nommée *trapan*, qui est garnie de fils de cuivre dans le sens de sa longueur pour faciliter le glissement de la forme. Sur le côté, à gauche de l'ouvreur, est une planchette fixée d'un bout au trapan et de l'autre au bord de la cuve ; une petite pièce de bois en forme de crémaillère, nommée égouttoir, y est fixée verticalement ; l'intérieur de la cuve est disposé de manière à en échauffer la pâte. On conçoit qu'il est aisé d'appliquer ici certaines parties qui figurent dans la machine comme agitateur, régulateur de pâte, épurateur, départ d'eau excédante, etc.

La forme est un cadre ou châssis soigneusement assemblé aux angles, maintenu par des petites traverses de bois léger appelées *pontuseaux ;* ceux-ci sont disposés parallèlement entre eux et au petit côté de la forme, leurs arêtes supérieures forment un même plan avec les bords du cadre, ils servent de point d'appui à des fils métalliques qui couvrent toute l'étendue de la forme ; ces derniers sont disposés en long, de 8 à 15 fils par centimètre, et arrêtés aux pontuseaux par un fil plus fin ; cet assemblage prend le nom de *vergeuse*, et la trace qui est laissée sur le papier le fait distinguer par le nom de papier *vergé*. La marque du format ou du fabricant est figurée par d'autres fils de cuivre auxquels on donne le nom de *filigranes*. Le papier *vélin* est fait à l'aide d'une forme couverte d'une toile métallique de 25 à 35 fils par centimètre, ils sont alors assez fins pour ne causer aucune trace sensible dans l'épaisseur de la feuille. Ce procédé était connu en Angleterre depuis 1757 ; il avait pour objet d'imiter le grain et certaines apparences du vélin en parchemin de peau de veau. Maintenant que le travail des machines donne constamment ce résultat, on tente d'imiter, au moyen de toiles particulières, les papiers vergés de cuve. Quel que soit, du reste, le tissu, un cadre mobile appelé *frisquette* ou *couverte* s'applique exactement sur les bords de la forme, dont la hauteur, conjointement avec le plus ou moins de liquidité de la pâte, détermine l'épaisseur de la feuille de papier et dont les autres dimensions règlent la longueur et la largeur.

Le service d'une cuve se fait avec une paire de formes. L'ouvrier, qu'on appelle l'*ouvreur* ou *puiseur*, ayant posé la couverte sur la forme, la tient verticalement et la plonge à moitié dans la matière délayée, et, la tournant pour arriver à la position horizontale, il la couvre entièrement de pâte, la retire dans cette position et lui imprime divers mouvements saccadés et de balancement ; ce tour de main demande une grande habitude de maniement : il a pour but de lier entre eux les filaments qui constituent la pâte et d'en opérer la distribution avec uniformité. L'ouvreur, ayant fait égoutter légèrement sa feuille, pousse sa forme le long de la planchette après avoir enlevé la couverte et la pose sur l'autre forme pour commencer une nouvelle feuille. En même temps, un autre ouvrier, le *coucheur*, placé à la gauche et en regard de l'ouvreur, reçoit la forme et la dresse contre l'égouttoir ; pendant qu'elle achève de s'égoutter, il étend à plat devant lui un *flotre* ou feutre, puis enlevant la forme de la main gauche il la renverse sur le feutre et l'y appuie, la feuille se détache de la forme et reste sur le feutre ; de la main droite, il renvoie la forme sur le trépan, laquelle est de nouveau reprise par l'ouvreur. Le coucheur continue à déposer sur la première feuille un second feutre et sur celui-ci une feuille de papier. Ces deux ouvriers procèdent ainsi simultanément, se passant tour à tour une forme chargée de pâte et une forme vide jusqu'à ce que les feuilles couchées entre les feutres aient atteint le nombre convenu pour former une *porse ;* on porte le tout sous une presse pour en faire sortir le plus possible d'eau. Un troisième ouvrier, appelé *leveur*, sépare les feutres des feuilles ; d'un côté, il place celles-ci les unes sur les autres entre deux plateaux ; de l'autre, les feutres sont empilés et renvoyés au coucheur qui peut en reprendre immédiatement possession ; à la fin de la journée, tout le papier ainsi préparé étant réuni est soumis à une pression modérée et exercée par intervalle pour en exprimer l'eau. On procède au *relevage*, qui consiste à échanger les feuilles les unes après les autres pour faire disparaître le grain des feutres, et on remet sous presse avec plus de force, après quoi on les transporte à l'*étendoir* ou séchoir. Ces noms font assez connaître la destination du local ; il est occupé par des cordeaux tendus entre des traverses mobiles sur des poteaux convenablement distancés. Une ouvrière prend plusieurs feuilles à la fois qu'elle pose sur un *frelet*, instrument de bois en forme de T, les passe entre les cordes et les dépose sur une seule ; allant ainsi de proche en proche, elle garnit un certain nombre de cordeaux. Des volets très multipliés sont disposés pour graduer les courants d'air dans toutes les expositions ; l'hiver un chauffage et une ventilation bien dirigée remplacent le séchage à l'air libre ; les feuilles étant sèches sont enlevées à la main ou au frelet et portées à la salle d'apprêt.

HISTORIQUE. Le mot papier dérive, comme on sait, de papyrus, plante d'Egypte, dont on prenait le liber ou écorce intérieure pour former des feuilles propres à recevoir l'écriture. Le papier fut en usage de temps immémorial dans quelques parties de l'Asie ; la pratique religieuse usitée en Chine, de brûler des feuilles dorées ou ordinaires, est antérieure à l'ère chrétienne. Vers ces temps reculés, les Japonnais en fabriquaient avec l'écorce du mûrier, le chanvre, le bambou, la paille de riz et le coton. C'est au commencement du huitième siècle que les Arabes, ayant appris des Tartares les procédés de la fabrication du papier de coton, l'apportèrent sur les côtes de Barbarie, puis en Espagne ; bientôt l'usage s'en répandit en Europe, et fit tomber celui du papyrus. Suivant une autre opinion, l'emploi du coton serait originaire de la Grèce, et connu seulement depuis le onzième siècle. On est porté à croire que c'est en Espagne, au douzième siècle, qu'a pris naissance la fabrication du papier de vieux linges, d'où elle passa en France vers la fin du treizième siècle ; dans le courant du quatorzième plusieurs fabriques de ce genre s'établirent en Allemagne et en Italie. Le premier moulin à papier anglais fut construit à Dartford, vers 1588, par un joaillier allemand au service d'Élisabeth ; cet établissement n'ayant pas prospéré, l'Angleterre tira encore pendant 70 ans environ ses papiers à écrire de France et de Hollande. En 1658, on portait à une valeur de plus de deux millions de livres tournois les papiers de toute espèce fabriqués en France, exportés en Hollande et en Angleterre.

Jusqu'en 1799, le mode de fabrication des papiers n'était arrivé que très lentement à de légers perfectionnements, lorsque Louis Robert, employé dans une papeterie à Essonne, conçut un système mécanique qui devait être appelé à ouvrir une ère nouvelle à cette industrie longtemps stationnaire. Nous ne pouvons passer sous silence les principaux faits qui se lient à l'enfance de cette création entièrement neuve; ils serviront à constater les difficultés et les retards qu'elle rencontra dans son développement, et combien fut tardif son emploi général en France.

La machine de Robert avait pour objet de produire des feuilles de papier d'une certaine largeur et d'une longueur indéfinie, par un mouvement continu. L'inventeur obtint un brevet de quinze ans, et reçut de la part du gouvernement français une somme de 8,000 francs à titre d'encouragement; peu après, il céda à Léger Didot, alors directeur de la papeterie d'Essonne, son brevet et sa machine; ce dernier se rendit immédiatement en Angleterre, où il contracta plusieurs engagements pour la faire construire et fonctionner. MM. Didot et John Gamble, associés, prirent en Angleterre un brevet, en avril 1801, qu'ils concédèrent à MM. Henry et Sealy Fourdrinier, en janvier 1804, en se faisant une réserve que M. Gamble abandonna en 1808 après avoir épuisé son avoir; néanmoins, par trois années d'un travail opiniâtre, une machine avait été montée sous sa direction à Saint-Neot's, en 1803; elle était due à l'exécution intelligente et heureuse de M. Bryan-Donkin. Ce mécanicien, secondé par MM. Fourdrinier, parvint à aplanir les plus grandes difficultés d'exécution mécanique, à rendre pratique la pensée de l'inventeur.

La première machine construite en France le fut en 1815 par M. Calla, mécanicien à Paris. MM. Berte et Grevenich, auxquels il fut délivré en 1811 un brevet d'importation de quinze ans, furent les premiers qui firent fonctionner en France la machine à papier; elle fut pendant plusieurs années la seule en activité. Les premières machines étaient dépourvues de cylindres sécheurs; le papier arrivait tout mouillé sur le dévidoir, de là il était porté aux étendoirs pour y être séché comme les papiers à la main.

M. Canson et MM. Montgolfier, des premiers, ouvrirent largement la route dans laquelle on hésitait encore à s'engager, pressentant les conséquences du nouvel ordre de travail; le lessivage, le blanchiment au chlore, l'encollage à la cuve, et beaucoup d'autres améliorations de ce genre, ou mécanique, parurent.

Le jury de l'exposition de 1827 constata l'existence, en France, de quatre papeteries seulement travaillant par procédés mécaniques. En 1834 il y en avait douze; aujourd'hui le nombre des machines s'est élevé à plus de deux cent trente. Lorsque cette machine fut réimportée en France, époque à laquelle l'Angleterre avait le privilége exclusif de fournir aux besoins de la papeterie, elle était loin de remplir les conditions désirables; elle devint un objet d'études pour nos meilleurs constructeurs. C'est particulièrement à M. Chapelle que nous devons, non seulement d'être affranchi du tribut que nous payions à l'Angleterre pour cet objet, mais encore d'exporter à l'étranger des machines dont la supériorité est telle, qu'elles sont, dans la plupart des cas, préférées et substituées à celles de construction anglaise.

De toutes les tentatives qui ont eu pour but de fabriquer le papier à l'aide d'une machine, en suivant d'autres voies que celle tracée par L. Robert, nous devons remarquer celle dont la première idée est due à Ferdinand Leistenschneider, et pour laquelle il prit en 1813 un brevet; elle fut successivement perfectionnée par par M. Zuber et M. Rieder. Cette machine a conservé le nom de son inventeur; on la désigne aussi sous le nom de machine ronde, parce que sa forme est cylindrique au lieu d'être une table rectangulaire plane (nous renvoyons pour sa description au Bulletin de la Société d'Encouragement, juillet 1837).

En septembre 1838, M. Et. Brocard prit un brevet de cinq ans pour une machine composée de plusieurs formes circulaires placées les unes à la suite des autres; chaque forme faisant sa feuille, elles se superposent et se réunissent en une seule en passant sous les pressions déjà décrites de la machine plate. Ce dispositif a pour objet de produire des papiers d'une grande épaisseur et d'une grande force, d'obtenir à volonté les deux surfaces de couleurs différentes entre elles, et différentes même de la partie intérieure, si l'on suppose trois formes, au moins, en travail. Un résultat analogue, quant aux papiers doublés, a été obtenu entre deux machines à table plane par M. de Burges pour l'exécution de son papier de sûreté. On pourrait encore citer pour une fabrication spéciale l'association de la forme plane à la forme ronde, qui a été adoptée par MM. Dufay frères; un brevet de cinq ans a été pris pour cet objet en avril 1844.

Il nous reste, avant de terminer, à donner un aperçu général des machines qui ont été créées en vue de diminuer la main-d'œuvre, ou de remédier aux imperfections de son service. Dans le nombre de ces machines additionnelles, bien que considérable, on en découvre à peine quelques-unes réalisant les bénéfices qu'elles promettent; mettant d'abord de côté toutes celles dont la conception est fausse, beaucoup d'entre celles qui sont dans le vrai théorique ont le défaut de n'être point manufacturières. Il en est qui rendent, cependant, de véritables services, encore qu'il faille se mettre en garde contre les erreurs d'appropriation; c'est un des écueils contre lesquels l'imitation échoue fréquemment, et qui conduit naturellement à la divergence des opinions au sujet d'une même chose.

Coupeuses de chiffons. En parlant du coupage des chiffons, nous avons dit qu'il existait des machines qui opéraient ce travail après le choix; ces machines sont, pour la plupart, des hache-paille très peu modifiés; elles ne marchent bien qu'à la condition d'être d'une forte construction, à l'abri des vibrations et des dislocations causées par le choc des couteaux, car leur vitesse doit être au moins de 10 mètres par seconde. Un autre système, celui de cylindres à cisaille, coupe sans choc, mais il est plus sujet à l'engorgement par les chiffons. Les coupeuses absorbant une force qui excède souvent celle de deux chevaux, peuvent couper en moyenne 500 kilos de chiffons par heure; leur coupage est des plus inégal, et, pour cette raison, fait faire un peu plus de déchet que le coupage à la main; les chiffons s'en élavent moins bien et produisent un défilé moins régulier. Ces machines coupent beaucoup mieux les chiffons grossiers et durs que ceux qui sont fins et mous; aussi, conseillons-nous leur emploi dans les fabrications qui s'alimentent de fortes toiles bises et de cordes, matières qu'il est si fatiguant de couper à la main et qui ne réclament pas de soins particuliers.

Releveuses de pâte. MM. Blanchet frères, de Rives, auxquels on doit les tambours laveurs, ont fait l'application du principe de la machine Ferdinand ou à forme ronde, au relevage des pâtes perdues pendant le lavage des défilés et le travail de la machine à papier. Cette machine, fort simple et peu embarrassante, fonctionne sans surveillance; c'est un tambour revêtu de toile métallique fine, tournant sur son axe, faisant office de filtre, continuellement nettoyé du dépôt filamenteux formé à sa surface, lequel est recueilli pendant le mouvement même. On retrouve de cette manière des pâtes très courtes et grasses, qui, sans avoir la valeur de celles d'où elles tirent leur origine, peuvent trouver leur emploi, comme remplissage, dans des pâtes inférieures, surges et peu garnies.

Régulateurs. La difficulté de fabriquer une partie de papier dont toutes les feuilles aient le même poids, réside dans le maniement du robinet de pâte, principalement toutes les fois qu'on veut suivre les causes perturbatrices du poids voulu, pour en neutraliser l'effet. Le régulateur, substitué au robinet, a pour objet de faire produire à la machine, sur une largeur donnée et avec une pâte de composition constante, un papier dont chaque feuille reste d'égal poids ou épaisseur, quelles que soient les variations de vitesse de la machine et de niveau dans le réservoir d'alimentation. Cet appareil, une fois réglé pour un poids donné d'une rame ou d'une feuille, fonctionne de lui-même en délivrant des volumes de pâte proportionnels aux vitesses dont la machine est animée. Les régulateurs de pâte imaginés jusqu'à ce jour n'atteignent pas rigoureusement leur but, soit qu'ils exigent des soins trop minutieux de la part des ouvriers, soit qu'ils affectent une disposition mal appropriée au liquide empâté qui les traverse, et qui se dérobe aux lois ordinaires de l'hydrostatique. Il faut se garder de ceux qui peuvent rouler la pâte en petites pelottes, et de ceux dont le mouvement excite la production de mousse. Quoi qu'il en soit, nous croyons qu'il y a encore plus à compter sur la régularité quelque peu imparfaite de ces machines, que sur l'habileté et l'attention peu soutenue, et parfois impuissante, de l'ouvrier conducteur.

Épurateurs. On a vu, dans la description des machines, que l'épurateur de M. Chapelle est divisé par paniers de bronze à fond refendu enchâssés dans un seul cadre, distribution qui permet le nettoyage complet pendant le travail même ; lorsqu'aux changements de pâte elle s'offre plus longue ou plus courte, le jeu de paniers est remplacé par un autre jeu dont les fentes sont plus ouvertes ou plus serrées. L'épurateur Donkin ne peut se nettoyer pendant la marche, mais il ne nécessite pas l'emploi de différents jeu de paniers lors des changements de pâte ; c'est une caisse de bronze formée d'un cadre et dont le fond est occupé uniquement par des barreaux mobiles également distancés entre eux par les épaisseurs de petites équerres bien calibrées, qui sont toutes remplacées par de plus épaisses ou de plus minces, suivant l'ouverture voulue des rainures. Les épurateurs disposés en cascade, c'est-à-dire déversant les uns dans les autres, du plus ouvert dans le plus serré, nous semblent, à tous égards, préférables à l'établissement sur un seul niveau ; ils sont moins sujets à déborder par suite d'engorgement, et, dans ce cas même, le mal est moins grave et plus réparable ; de plus, la pâte est tamisée à un degré plus grand de finesse, et, à la rigueur, le nettoyage peut se faire en marchant.

Sablières. Les sablières de la machine à papier sont des bassins d'une grande surface et peu profonds placés sur le vat, soit avant, soit après l'épurateur ; ils sont occupés dans toute leur étendue par des lames de bronze soutenues à une certaine distance du fond, disposées à la manière des lames d'une persienne dans un plan horizontal et transversalement à la machine. La pâte emplit ces bassins et parcourt avec lenteur toutes les lames en les submergeant de quelques millimètres ; la présence de ces lames, en brisant le courant direct, oblige la pâte à se mouvoir sur toute l'étendue du bassin, dans les couches voisines de la surface seulement. Il résulte de là que les corps plus lourds que la pâte, et qui ne sont maintenus en suspension que par l'agitation, se déposent au fond de la sablière toutes les fois qu'ils entrent dans une couche à l'abri des courants et contre-courants. Par cette sorte de décantation, on réussit à retenir la presque totalité du sable inévitablement contenu dans la pâte, et même une quantité notable de boutons de pâte. Cet appareil est donc d'un excellent office; il devient indispensable dans une fabrication soignée ; les grains de sable, tant fins soient-ils, criblent le papier lors du lissage, dépolissent et piquent les feuilles d'apprêtage, comme aussi les cylindres de la machine; ils sont très nuisibles à la gravure en taille-douce, à la gravure sur bois, aux caractères typographiques, etc.

Rouleaux égoutteurs. On fait maintenant des rouleaux égoutteurs à vergeurs, comme nous avons dit qu'on le pratiquait pour certaines toiles métalliques sans fin, et cela uniquement pour simuler le papier de cuve non vélin. Nous verrions avec plaisir qu'on appliquât de préférence la propriété de déplacement de la toile et celle d'impression du rouleau, à l'indication autrement significative, de la marque ou du nom du fabricant ; nous ne ferions en cela que suivre l'exemple que nous offre cette partie de la fabrication anglaise qui a tout intérêt à avouer ses produits.

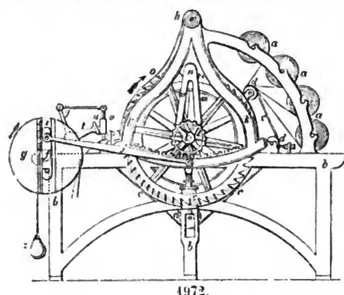
Calandres. Nous établirons une distinction de cette machine avec la lisse proprement dite, en ce que nous considérons la calandre fonctionnant à la suite et de continuité avec la machine, exerçant sur le papier une pression à sec ou à nu, c'est-à-dire sans l'intermédiaire de feutres, de cartons ou de feuilles métalliques, travail qui se réduit à un laminage entre deux cylindres ou plus. Une des calandres que nous trouvons d'une manœuvre facile et d'un bon travail consiste en trois cylindres dont les axes sont dans le même plan vertical ; celui du milieu est chauffé comme les cylindres sécheurs par une introduction de vapeur ; une communication de mouvement très simple permet de mettre ces trois cylindres au rôdage toutes les fois qu'ils cessent de fonctionner pour l'apprêt du papier ; de la sorte, la gravelure occasionnée par le sable est effacée avant qu'elle ne soit assez prononcée pour nuire au lissage du papier ; ce dispositif pare à l'inconvénient le plus grave que présente l'usage de cette machine. Le calandrage s'est prêté à l'emploi d'une quantité considérable de machines de configurations diverses, fondées toutes sur le même principe, la pression ou le frottement, mais sans modifications essentielles dans les résultats.

Machines a couper le papier en long et en travers. Nous avons reconnu, en parlant de la coupe du papier enroulé sur les dévidoirs, qu'il y avait toujours quelque chose à perdre par le biseau et la rognure transversale ; la machine à couper, substituée aux dévidoirs, annule cette cause de perte ; elle coupe le papier au fur et à mesure que la machine le produit ; la dépendance qui résulte de sa position, apportant d'un autre côté quelques inconvénients, une autre disposition a été généralement adoptée ; nous en offrons un exemple dans la machine suivante :

La fig. 1972 est le profil de l'un des côtés de la machine ; la fig. 1973 en est la section ou coupe par le milieu dans le même sens. *a, a, a, a*, sont quatre dévidoirs couverts chacun d'une feuille continue de papier, lesquels sont portés sur des crans de crémaillères pratiqués sur le développement du bâti *b b b; c c c*, est un drap épais en laine ou feutre sans fin, passant sur les rouleaux *d, d, d, d*, qui est tendu et s'applique sur la surface inférieure du tambour *e e*, que l'on distingue mieux dans la fig. 1973.

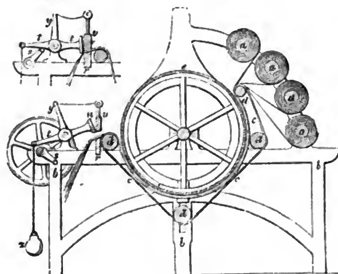
L'épaisseur de papier formée par les feuilles destinées à être coupées étant engagées entre le tambour *e*, et le feutre sans fin *c*, se dévideront par le tirage en dégarnissant à la fin tous les rouleaux *a*, saisies qu'elles sont, par la machine toutes les fois que la courroie de commande passera de la poulie folle sur la poulie fixe adaptée à l'extrémité de l'arbre *f*. Mais à mesure que la collection de feuilles chemine, elles se présentent à l'endroit où elles doivent être coupées, et là, devant rester un moment stationnaire, un mécanisme particulier devient nécessaire. Une plate-forme circulaire *g*, porte une cheville en *i*, sur laquelle s'adapte la bielle *j*, et lui communique le mouvement ; cette cheville est fixée sur une pièce soigneusement ajustée, glissant dans une gorge en queue d'aronde, en regard d'une règ

droite et maintenue fixe par une vis de pression; l'échelle graduée s'étend du centre à la circonférence du disque, de manière à faire varier l'excentricité de la cheville et, conséquemment, l'amplitude de son mouvement de manivelle. La bielle *j*, ajustée à la cheville *i*, se lie au contre-bâti oscillant de forme curviligne *k*, dont la partie inférieure dentée engrène avec la roue d'engrenage *l*, qui tourne librement sur l'arbre du tambour d'appel *e e*; de cette roue s'élèvent des bras *m*, *m*,



1972.

1974.



1973.

qui portent un ou plusieurs encliquetages buttant dans les dents de la grande roue de rochet *o o*, montée sur l'arbre du tambour *e*.

Le disque *g*, recevant son mouvement rotatoire dans la direction qu'indique la flèche, communiquera à l'arc denté *k* un mouvement dont le point *h* est le centre, et qui, engrénant sur la roue *l*, la fait tourner, en entraînant dans un mouvement oscillatoire inverse au précédent les deux bras *m*, *m*, ainsi que leur encliquetage *n*. Dans le balancement du point *n* de droite à gauche, le cliquet de l'encliquetage glissera sur la partie inclinée des dents de la roue à rochet *c*; mais, lors de son retour de gauche à droite, le cliquet buttera dans un entre dents sans pouvoir le franchir, s'embraiera, pour ainsi dire, sur la roue à rochet, la fera tourner, et mettra le tambour en mouvement tant que durera cette portion de révolution. Les feuilles de papier enfermées dans la moitié inférieure du tambour seront ainsi amenées en avant des rouleaux-dévidoirs par la pression, qui s'opère entre cette partie du tambour et le feutre sans fin, par longueurs correspondantes à l'étendue de l'arc décrit dans l'oscillation du système d'encliquetage.

Le couteau, qui coupe transversalement ces longueurs de papier, est mis en action dans le temps où l'arc d'oscillation n'embraie pas le rochet, c'est-à-dire quand, glissant de droite à gauche, il se porte en *o*, après avoir franchi les dents du rochet par l'inclinaison qu'elles présentent. L'amplitude de cette oscillation varie en raison de la distance de la cheville *i* au centre *f* du disque *g*; cette distance détermine la longueur du mouvement de pendule du contre-bâti *k*, celui du tambour *e* et, partant, la longueur du papier présenté à l'appareil qui le coupe. Les feuilles entraînées arrivent sur le repos *r* des barres de pression *r*, *v*, dont la partie inférieure est fixe; la came ou manivelle *s* soulève, dans sa révolution sur l'arbre *f*, l'un des bouts du levier *t*, fait descendre la barre mobile *v* (fig. 1974), et la fait porter de tout son poids sur la barre fixe, pince le papier, le fixe, et le prépare ainsi à recevoir une tranche nette. Alors le couteau transversal *u* descend, appuie par son tranchant sur le papier, le coupe entièrement en passant contre le tranchant de la lame fixée au repos *r*. Chaque révolution de la came *s*, lui faisant franchir l'extrémité du levier coudé *t*, le poids *z*, qui est attaché au levier, relève dans le même mouvement, et la barre d'application *v*, et le couteau *u*, à l'aide d'une corde passant sur une poulie : le passage dégagé admet la nouvelle portion de papier que le tambour est chargé de délivrer ainsi par alternatives. Le couteau mobile n'est pas fixé parallèlement à l'arbre du tambour ; on lui donne une légère inclinaison et un peu de concavité à son tranchant, afin de faire mordre progressivement sa lame sur celle qui est fixe. La barre mobile *v*, pour plus de précision, peut être mue entre deux guides.

Cette machine, qui ne présente pas l'appareil de la coupe en long, a été l'objet d'un brevet pris, en juin 1831, par M. E.-N. Fourdrinier. Depuis lors, elle a été perfectionnée d'une manière satisfaisante dans plusieurs établissements d'Angleterre.

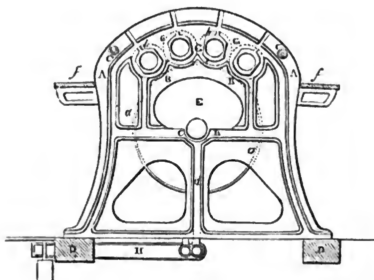
M. Debergne-Spréafico a pris en France un brevet, pour une machine à très peu près semblable, en janvier 1840 Bien entendu que cette coupeuse possède, ainsi que toutes celles actuellement employées, le système de couteaux à couper en long. La coupe longitudinale ne présente aucune difficulté sérieuse dans la construction des machines ni dans leur marche; elle s'opère généralement à l'aide de cisailles circulaires formées de disques d'acier distribués en nombre égal sur deux arbres parallèles; chaque disque est ajusté dans une armature ou manchon, ayant pour centre l'axe de l'arbre, pouvant glisser sur toute l'étendue de l'arbre, ou y être fixé par une vis de pression; l'accouplement des disques ayant lieu d'un arbre à l'autre, leurs limbes ou biseaux s'engagent l'un contre l'autre par leur plat, et présentent ainsi au papier un angle curviligne tranchant. Les deux arbres tournent en sens inverse, c'est-à-dire comme s'ils engrenaient l'un sur l'autre, et de façon à faire appel au papier; cet appel doit être tel, que la circonférence des disques possède une vitesse double ou triple de celle de la feuille. La machine à couper, uniquement en long, est très employée dans nos fabriques françaises, soit à couper les papiers pour tenture, soit seulement pour abréger la coupe à la main ou à la rognette; il n'en est pas de

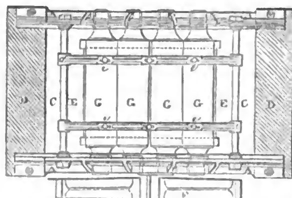
même des machines à couper en long et en travers; leur succès est resté au moins douteux, tandis qu'elles sont d'un usage universel dans toute la Grande-Bretagne. A quoi tient cette différence de résultats? On l'a voulu expliquer par l'épaisseur de la feuille, qui chez nous est moindre, proportion gardée, que chez les Anglais, par la grande vitesse avec laquelle nous fabriquons à la machine. Ces deux objections, que nous croyons assez fondées, quand il s'agit d'une coupeuse fonctionnant de concert avec la machine sans fin, disparaissent devant l'emploi d'une coupeuse indépendante. En effet, le service de celle-ci se fait à volonté à telle époque, et dans tel emplacement, à une vitesse très modérée, et sur un plus ou moins grand nombre de feuilles formant une épaisseur donnée. Nous sommes persuadés que, si l'on s'appliquait à purger parfaitement les pâtes du sable fin qu'elles charrient d'une part, et si l'on s'entendait à prévenir le jeu et le temps perdu dans les pièces de la coupeuse de l'autre, on aurait surmonté les plus grandes difficultés faisant obstacle à l'emploi général de cette ingénieuse machine.

MM. Varral, Middleton et Elwel ont fait subir à cette machine des modifications fort heureuses; on en trouve la description détaillée dans la publication industrielle de M. Armengaud, 4ᵉ volume, page 405.

Lisse. Une machine à lisser puissante, fonctionnant dans plusieurs papeteries d'Angleterre, a été, en octobre 1841, l'objet d'une prise de brevet d'importation de la part de M. A. Brewer. La fig. 1975 est une élévation de cette lisse vue de profil; la fig. 1976 en est le plan; les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces. A, A, bâtis fondus en une seule pièce avec les supports B, B, etc.; ils sont tenus d'écartement entre eux par les jumelles C, C, et par les sommiers D, D, sur lesquels ils portent. E, cylindre de 1 mètre environ de diamètre, portant sur chaque côté deux embases *a*, *a*, parfaitement de même diamètre; ce cylindre est récepteur du mouvement transmis par la roue d'engrenage F, fixée à l'une des extrémités de l'arbre du cylindre. G, G, cylindres dont les axes sont disposés parallèlement à celui du cylindre E, et sur un arc de cercle qui a ce même axe pour centre. Les cylindres G, G, portent par leurs extrémités sur les embases *a*, *a*, et laissent, par conséquent, entre eux et le cylindre E, un jour égal à la saillie de ces deux cordons. *b*, coussinets à coulisse réglés par des coins ou des vis de pression non figurés ici; *c*, coussinet également à coulisse portant sur la tige *d*, d'un levier H, chargé de poids. *e*, supports de guides passant dans l'entre-deux des cylindres G, G, faisant obstacle au passage du papier par cet intervalle. *f*, tablette qui reçoit le papier préparé pour l'apprêt.

1976.





1975.

Le service de cette lisse se fait comme celui de la lisse simple; le paquet de feuilles de papier alternées de feuilles métalliques s'engage, d'un côté dans l'espace ménagé entre la table du grand cylindre E, et celle des cylindres G, G; il sort du côté opposé après avoir subi quatre pressions; mais l'inflexion qu'éprouve le paquet de feuilles ou jeu, suivant le cintre du grand cylindre, à mesure qu'il se présente sous chaque cylindre, détermine un déplacement entre les points pressés précédemment; de sorte que, si la tranche du paquet est engagée à angle droit, elle éprouvera, dès la seconde pression, une légère inclinaison qui, se répétant et s'ajoutant sous chacune des autres pressions, donnera à la tranche un biseau très prononcé à sa sortie; évidemment ce déplacement est exactement semblable pour toutes les parties du jeu mis en travail. Il produit le même résultat que l'échange des feuilles. La main d'œuvre de cette opération est non seulement supprimée par ce système de lisse; mais encore elle diminue celle du lissage même.

M. Nach, fabricant de papiers, près de Londres, à qui est due cette machine a porté à cinq le nombre des rouleaux presseurs; les jeux sont chargés de cinquante à soixante feuilles; deux passes donnent un satinage d'un lustre parfait sans rien ôter au ton mat et éclatant du papier.

Production. En établissant ce qui suit, pour résumer les facultés productrices du système de fabrication à la machine continue, le résultat est basé sur une donnée annuelle, considérant une machine qui travaillerait en moyenne 20 heures par jour, et produirait des sortes moyennes et belles : les chiffons employés sont supposés pris dans les beaux bis et blancs. 350.000 kilogrammes de chiffons rendent 250.000 kilogrammes de papiers collés et non collés, soit environ 40.000 rames assorties; le déchet, d'après cela, serait de 28 1/2 pour 100. Rappelons, à cet égard, que le papier sans colle peut porter ce chiffre à 30 pour 100, tandis que le papier collé le réduirait à 27 pour 100. Il n'est pas douteux que le déchet réel du chiffon ne puisse être réduit à 25 pour 100, et même au-dessous; mais, en échange de cette épargne, il faudrait consentir à faire un sacrifice de

temps, que les fabricants estiment, d'un autre point de vue économique, comme plus précieux encore.

Actuellement la France emploie 72.000 000 kilogrammes de chiffons par an, et fabrique 50.000.000 kilogrammes de papiers, tant de machine que de cuve; ce qui équivaut approximativement, pour les chiffons, à une valeur de 18.000.000 francs, et pour les papiers à 45.000.000 francs. HANRIOT.

PAPIER DE SURETÉ. La question des papiers de sûreté a pris une importance considérable à une époque où les sciences chimiques et physiques permettent la contrefaçon de toutes les écritures, faites avec des encres délébiles ou indélébiles, au moyen du transport sur pierre (voyez LITHOGRAPHIE) ou de la *photo-lithographie*. Nous croyons donc qu'il est utile d'esquisser rapidement les principaux moyens qui ont été successivement proposés pour mettre les actes publics ou privés à l'abri du faux et de la contrefaçon, en rappelant que les papiers timbrés et les papiers de sûreté peuvent être, soit *altérés* partiellement, soit *contrefaits*, soit enfin *lavés* au moyen de réactifs qui enlèvent l'écriture qui est à leur surface, afin de les faire servir de nouveau.

Le premier procédé que nous rappellerons est celui de M Maugard, en date de 1791, consistait dans l'emploi d'un talon de sûreté, imprimé d'une vignette à combinaisons et d'un timbre sec sur une surface marbrée. Ce talon de sûreté, disait l'inventeur, prévenait la création de billets faux; car il eût été impossible aux faussaires de faire raccorder les billets créés par eux avec les talons des billets véritables; il n'en est pas ainsi, puisqu'on pourrait actuellement contre-épreuver exactement ces billets, qui d'ailleurs n'offraient aucune garantie contre l'altération des sommes inscrites sur leur surface.

En 1818, M. G. Dorsay prit un brevet pour un papier de sûreté *sensitif*, qu'il fabriquait, soit en mêlant dans la pâte du papier, alors qu'elle était en cuve, une certaine quantité de prussiate jaune de potasse, soit en immergeant, feuille à feuille, le papier fabriqué, mais non collé, dans une dissolution de cette substance. Ce papier de sûreté, ainsi que tous ceux qui ont été fabriqués depuis sur le même principe, n'offre pas de garantie; car la chimie fournira toujours les moyens de faire disparaître les taches que les réactifs, employés pour détruire une phrase ou un corps d'écriture, auront fait paraître à la surface de ces papiers de sûreté.

Une première commission académique, dont M. d'Arcet était le rapporteur, examinant, sur la demande du garde-des-sceaux, la question des papiers de sûreté, présenta à l'Académie à ce sujet, en date du 6 juin 1831, un rapport par lequel elle rejetait tous les papiers de sûreté qui lui avaient été soumis, et proposait 1° l'emploi d'une encre indélébile, composée d'encre de Chine délayée dans un mélange d'eau et d'acide hydrochlorique marquant 1° 1/2 B.; 2° l'impression sur $0^m,04$ de largeur, au milieu de la feuille de papier, d'une vignette gravée au tour à guillocher sur un cylindre de cuivre, en ayant soin de faire usage, pour l'impression, d'encre ordinaire épaissie ou de boue d'encre; en limitant ainsi la surface de la vignette délébile a $0^m,04$ au lieu d'en recommander l'impression sur toute la surface de la feuille, la commission abandonnait ainsi la question du faux partiel pour ne s'attacher qu'au lavage du vieux papier timbré. D'un autre côté, on est parvenu récemment a transporter sur pierre lithographique toutes les écritures délébiles et indélébiles, grasses ou non, par voie de transport lithographique proprement dit ou par voie photo-graphique, de sorte que les conclusions de ce rapport n'ont plus actuellement aucune valeur, par suite des progrès qu'ont fait depuis les sciences appliquées à l'industrie.

En 1834, M. Mozard prit un brevet pour un nouveau papier de sûreté qu'il fabriquait, en imprimant une vignette en encre délébile sur une feuille mince de papier encore humide et non terminée, et à recouvrir cette première feuille imprimée d'une seconde feuille de papier aussi fraîchement fabriquée; puis à cylindrer et à sécher ces deux feuilles juxtaposées. Ce papier présente un grave inconvénient, le décollage facile des deux feuilles; ce qui rend aisé toute espèce de faux partiels et généraux, ainsi que le blanchiment total. En outre, la disposition intérieure de la vignette délébile, fait qu'elle n'est pas assez accessible aux agents chimiques employés par un faussaire adroit, et, d'un autre côté, le manque de pureté de la vignette de ce papier, ainsi que l'inégalité de sa teinte générale, constituent des vices radieaux au point de vue du faux partiel.

Une seconde commission, dont M. Dumas était rapporteur, s'occupant de nouveau de la question des papiers de sûreté, sur la demande du ministre des finances, fit, le 23 février 1837, un rapport par lequel, rejetant tous les procédés qui lui avaient été soumis, elle proposait :

1° L'impression sur chaque face du papier d'un filigrane très fin et indélébile;

2° L'impression d'une vignette délébile composée de figures géométriques très petites, parfaitement identiques et manuellement inimitables.

Elle rappelait en même temps que le meilleur préservatif contre toutes les falsifications d'écriture consiste dans l'emploi de l'encre de Chine acidulée.

Les moyens proposés par la commission, quoique offrant une garantie bien plus grande que tout ce qui avait été fait jusqu'alors, sont actuellement insuffisants dans l'état de la science.

Plus tard, en 1840, deux nouveaux inventeurs, MM. Zuber et Knecht, se présentèrent à un concours ouvert par une commission spéciale nommée par le ministre des finances.

Le papier présenté par M. Zuber était fait à la machine et imprimé, a la suite du premier cylindre sécheur, avec de l'encre délébile et des rouleaux en cuivre gravés à la molette, semblables à ceux dont se servent les fabricants d'indiennes.

Le papier de M. Knecht était fabriqué à la forme, imprimé à la presse lithographique de M. Perrot, et couvert d'une vignette gravée primitivement en creux sur une planche-matrice, par la machine de M. Neuber, puis contre-épreuvée sur pierre par les procédés connus en lithographie.

Sans nous arrêter à discuter les défauts de ces papiers de sûreté, ce qui nous exposerait à des redites, nous rappellerons seulement que la commission précitée, tout en déclarant que le problème n'était pas résolu, proposa à M. le ministre des finances de partager entre les concurrents déjà nommés et M. Deburge, qui présentait le papier Mozard, le prix de 60.000 francs voté par les chambres.

Il ne nous reste plus qu'à parler du procédé proposé par M. Tissier, qui a étudié récemment avec le plus grand soin toutes les questions relatives aux papiers de sûreté, et qui est arrivé, selon nous, à une solution qui rend sinon impossible, du moins presque impraticable, toutes les espèces de faux partiels ou généraux, le lavage et tous les genres de contrefaçons, soit à l'aide des moyens ordinaires de la gravure, chimiques, manuels ou mécaniques, soit à l'aide des procédés lithographiques et photographiques actuellement connus.

Les papiers de sûreté de M. Tissier sont couverts sur leurs deux faces d'une vignette imprimée typographiquement avec une encre délébile.

Les planches-matrices en taille-douce des vignettes sont perpétuées indéfiniment au moyen de transports et de sous-transports sur pierre, faits suivant les procédés ordinaires de la lithographie. Les planches d'im-

pression typographique sont le résultat d'épreuves prises sur les sous-matrices lithographiques, contre-épreuvées sur des pierres de Munich, puis gravées en relief par le procédé particulier à M. Tissier (voyez LITHOGRAPHIE), ou obtenues au moyen de la GALVANOPLASTIE.

Les vignettes des planches-matrices en taille-douce sont composées de deux dessins créés séparément par des moyens reposant sur des principes opposés ; le premier (destiné à prévenir la contrefaçon manuelle de la vignette dans les faux partiels, et la contre-épreuve sur pierre de cette même vignette par une surcharge faite à la plume et à l'encre lithograpique) est composé d'éléments mathématiquement réguliers, identiques, bien visibles à l'œil nu, légèrement et symétriquement espacés, et gravés avec un diamant par une machine de précision ; le second (ayant pour but d'empêcher la contrefaçon mécanique et photographique de la planche-matrice, et, par suite, le lavage) est composé d'éléments irréguliers, dissemblables, bien visibles seulement à la loupe, très rapprochés, produits et distribués par le hasard, et entièrement à l'abri du calque et de l'imitation manuelle. Ces deux dessins sont juxtaposés, c'est-à-dire que les éléments irréguliers, microscopiques remplissent les espaces réservés entre les éléments réguliers, visibles à l'œil nu, sans se confondre avec eux.

Enfin, pour mettre les papiers de sûreté à l'abri de toute espèce de contrefaçons lithographiques, M. Tissier a eu l'heureuse idée d'imprimer deux fois toutes les feuilles de papier, simultanément sur chaque face, avec des planches identiques : une première fois avec une encre blanche, qui donne une empreinte invisible ; une deuxième fois avec une encre de couleur, qui donne une empreinte visible. Ces deux impressions, irrégulièrement superposées, sont faites avec deux encres résineuses délébiles, ayant à un égal degré la propriété de se transporter sur pierre, composées l'une et l'autre avec les mêmes substances, et ne différant entre elles que par une petite quantité d'encre usuelle sèche, ou mieux de gallate de fer, nécessaire pour colorer l'encre d'imprimerie de la vignette visible. Au moyen de cet ingénieux procédé, qui rend impossible le transport de la vignette visible sans celui de la vignette invisible, et qui constitue sans aucun doute un perfectionnement de la plus haute importance, les contre-épreuves sur pierre des papiers de sûreté sont doubles et confuses, et ne peuvent être utilisées par les faussaires.

En dernier lieu, et pour rendre tout à fait impossible la contrefaçon des billets de banque, qui ont tant à redouter de la part des faussaires, à cause des fortes valeurs qu'ils représentent, et surtout par suite de l'invention recente de la photo-lithographie, qui offre dans beaucoup de cas des moyens de contrefaçons très simples et tout à fait nouveaux, M. Tissier propose, pour les billets de banque :

1° D'imprimer, sur chaque face du papier, deux vignettes : une vignette de couleur pâle et une vignette noire superposée à la première ;

2° De ne jamais répérer les deux vignettes d'une des faces du billet avec les deux vignettes de l'autre face ;

3° D'imprimer deux fois, avec des planches identiques, la vignette de couleur couvrant les deux faces du billet ; une première fois avec de l'encre blanche, une seconde fois avec de l'encre teintée ;

4° De composer la vignette de couleur d'éléments réguliers, gravés avec un diamant par une machine de précision, et d'éléments irréguliers, dissemblables, microscopiques, produits et distribués par le hasard, comme dans les papiers de sûreté ordinaires ; seulement les éléments réguliers, au lieu d'être identiques et de se répéter à des distances déterminées, seraient tous dissemblables ;

Enfin, 5°, la vignette noire serait dans les conditions de la vignette actuelle de la banque de France, et destinée au même usage ; seulement elle devrait être produite en partie avec le burin d'un graveur, et en partie avec une machine de précision, celle de Colas, par exemple.

PAPIER PEINT POUR TENTURE. Ce papier, qui imite les plus riches étoffes, les ornements d'architecture, les décors, etc., leur est actuellement substitué presque partout, si ce n'est dans les ameublements d'un luxe hors ligne.

C'est en France que cette industrie a pris naissance, au commencement du dix-septième siècle. Les premiers essais furent faits par un nommé *François*, de Rouen; mais ce ne fut qu'à la fin du siècle dernier que *Réveillon* porta cette industrie à un haut degré de perfection. Elle est toute française, nous pourrions dire toute parisienne, car elle est née et s'est développée au faubourg Saint-Antoine. Nous allons suivre les diverses périodes de cette fabrication.

Posage du fond. Si ce n'est pour des sortes excessivement communes, on recouvre toujours le papier d'une teinte plate obtenue à l'aide d'une couche de couleur à la colle, déposée au moyen de larges brosses. Des enfants qui suivent l'ouvrier égalisent la couche à l'aide d'autres brosses.

Ces opérations sont suffisantes pour la presque totalité des papiers qui reçoivent une première teinte grisâtre (formée surtout de craie) ; mais quand le fond est de couleur, et que par suite les inégalités de ton seraient très apparentes, l'ouvrier promène circulairement, après les opérations ci-dessus décrites, une grosse brosse ronde, douce, qui égalise parfaitement le fond.

Séchage. Le papier est séché sur des perches où il est placé, plié en quatre (le rouleau a 25 pieds de long), ce que font rapidement les enfants, qui placent deux bâtons en des points convenablement situés. Ils les posent sur des *ferlets*, espèces de béquilles portant une gorge pour recevoir la baguette, et, l'élevant à l'aide de celle-ci, font passer le papier sur les traverses de la pièce maintenue à une température assez élevée.

Lissage. Le papier séché est redressé par son enroulement (moyen général et nécessaire chaque fois que le papier a été mouillé, que sa surface n'est plus plate). On le lisse à l'aide d'une règle en bois que l'on promène sur sa surface, la face colorée étant en dessous.

Impression. Le papier recouvert uniformément de la teinte plate qui forme le fond, est soumis à l'impression des couleurs du dessin, à l'aide de planches semblables aux blocs des imprimeurs sur étoffes, sauf qu'elles sont en général plus larges. Elles sont nécessairement garnies de picots aux quatre coins pour déterminer les rentrures, qui sont une des difficultés de la fabrication à cause des retraits et des allongements du papier, sous l'influence de l'humidité, surtout eu égard à la grande longueur du rouleau. Aussi n'est-ce en général que pour des sujets isolés, des paravents, par exemple, qu'on rentre un grand nombre de planches et de couleurs successives.

Avec toute la facilité que donne le grand relief des gravures pour prendre la couleur sans réunion de traits consécutifs, il faut encore un moyen convenable de prendre la couleur qui, peu épaissie par la colle, à l'état de boue liquide, se prête difficilement à une distribution convenable. On y parvient à l'aide d'un *baquet* analogue à celui des imprimeurs sur étoffes.

Ce baquet est une caisse remplie d'eau sur laquelle on fait reposer un cadre garni d'une peau de basane, dont elle maintient la souplesse ; sur ce cuir, on place les châssis mobiles ou les draps fins sur lesquels on égalise la couleur avec une brosse. Il est clair qu'il faut autant de draps que de teintes.

Pour déterminer la pression nécessaire à l'application de la couleur sur le papier, on se sert d'un levier

formé d'une longue perche de bois, dont l'une des extrémités est passée sous une forte traverse, et sur l'autre extrémité de laquelle un enfant produit une pression considérable en s'asseyant dessus, après que l'ouvrier a disposé convenablement la planche.

Quand l'ouvrier a successivement appliqué la planche sur toute la surface du papier, il l'étend pour le laisser sécher; puis, par un semblable travail, il applique, en se servant des repères, toutes les teintes à l'aide de planches gravées convenablement, en laissant sécher entre chaque opération.

Impression à l'aide de rouleaux. La machine à rouleaux gravés en relief (la seule qui convienne pour l'impression du papier, qui n'absorbe pas la couleur, qui ne peut, par suite, supporter aucune pression après l'application de la couleur) est arrivée aujourd'hui à un état de perfectionnement très remarquable. Nous avons vu, dans la fabrique de M. Leroy, à Paris, des machines de ce genre à un et deux rouleaux, qui fonctionnaient d'une manière très satisfaisante. Le principe de ces machines est le même que celui des métiers à surface, que nous avons donné à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES; c'est à l'aide d'un drap sans fin, convenablement tendu, et en partie plongé dans la couleur, qu'on parvient à répartir celle-ci sur les cylindres. Une pièce fixe, formant râcle, empêche la couleur d'être en trop grande quantité sur la toile.

Cette machine réussit admirablement pour faire des rayures de tout genre avec une bien grande économie. Les rouleaux obtenus facilement en cuivre jaune, à l'aide du tour, viennent déposer la couleur sur le papier. Sur les surfaces larges cette application serait défectueuse, la teinte ne serait pas uniforme, la pression et la vitesse du mouvement détermineraient des marbrures. L'inventeur y remédie parfaitement par l'addition d'un châssis portant de petites brosses correspondant aux parties saillantes du rouleau, qui rencontrent le papier après l'action de celui-ci, et égalisent la couleur.

Dans cette machine, le papier est pressé sur les cylindres imprimeurs par un gros cylindre en molleton qui tourne seulement par l'effet de la pression qu'il exerce sur les cylindres. Une manivelle donne le mouvement aux axes des rouleaux qui sont commandés par des engrenages.

La régularité de la largeur du papier mécanique (mis en général de largeur sur la machine même par des cisailles circulaires) permet au papier guidé par une partie cylindrique à rebords sur laquelle il passe avant d'arriver au cylindre, de se représenter assez régulièrement pour que des impressions de raies successives puissent parfaitement s'exécuter.

Le problème de l'impression au rouleau serait entièrement résolu s'il pouvait en être de même dans le sens de la longueur du papier; mais pour cela, il faudrait, avec un premier repère pour le point de départ, des rouleaux de dimensions mathématiques, afin que les rentrures ne laissassent rien à désirer.

Or, là est la limite du procédé. Les rouleaux exécutés en bois de poirier, gravés à la main ou picotés en cuivre, laissent toujours à désirer pour la régularité de leurs dimensions. Jusqu'à la solution complète et économique de la fabrication des rouleaux en relief, ce procédé est limité aux dessins de peu d'étendue. Sans doute, ce problème pourrait être résolu, mais si l'on calcule que les rouleaux sont deux ou trois fois plus chers, exécutés imparfaitement, que les planches plates qui serviraient à fabriquer les mêmes papiers; que la proportion croîtrait rapidement avec les dimensions des rouleaux, et la précision de leur exécution, on en conclura que le procédé est bien moins applicable aux papiers demandant un grand nombre de rentrures qu'à la fabrication à bon marché, comprenant les papiers à trois ou quatre teintes ou couleurs (en ajoutant celles du fond à celles produites par la machine). C'est au reste celle qui produit sur une grande échelle, et qui, par suite, fait trouver un avantage notable à employer des procédés expéditifs.

M. Zuber, de Rixheim, près Mulhouse, emploie, dans sa belle fabrique, des rouleaux gravés en creux pour faire des dessins très délicats, des tarots de cartes, etc. Le problème d'imprimer ainsi sur papier était d'une solution difficile; c'est, croyons-nous, en employant la couleur très épaisse et le papier un peu humide qu'il y est parvenu.

On ne peut obtenir ainsi des dessins chargés en couleur, car on sait que pour les étoffes elles-mêmes on remplace le rouleau gravé en creux par la perrotine ou le métier à surface pour imprimer des dessins chargés en couleur.

Pour fabriquer les papiers rayés, M. Zuber a inventé une machine qui est formée essentiellement d'un petit réservoir composé d'autant de compartiments qu'on veut produire de bandes. Ces compartiments, percés d'ouvertures régulières, représentent une série de *tire-lignes* liés entre eux et immobiles. On les remplit de couleur, et on fait glisser le papier par-dessous. De cette manière, les couleurs se transmettent sur toute la longueur du papier avec une régularité parfaite.

Couleurs. Les couleurs employées dans la fabrication des papiers peints sont : Pour le *blanc*, la céruse, le blanc de zinc, le blanc d'Espagne ou la craie.

Pour le *jaune*, les couleurs préparées avec la gaude, la graine d'Avignon ou la graine de Perse, le chromate de potasse, l'ocre.

Pour le *rouge*, les extraits du bois de Brésil.

Pour le *bleu*, le bleu de Prusse, les cendres bleues, le sulfate de cuivre.

Pour le *noir*, les noirs d'os, le charbon.

Pour le *violet*, les extraits de bois de Campêche.

Pour le *vert*, les cendres vertes, et surtout le vert de Schweinfurt, qui est extrêmement riche.

Dans tout ce qui précède, nous nous sommes surtout occupés des papiers mats ou communs; ces procédés reçoivent quelques modifications ou compléments pour des fabrications accessoires dans lesquelles on doit distinguer :

1° Les papiers satinés, auxquels on donne le *brillant* ou *satin* au moyen d'un mélange de *sulfate de chaux* ou d'*alumine* qu'on introduit dans la couleur, et en les soumettant à l'action de la brosse;

2° Les papiers *veloutés*, que l'on obtient en fixant sur ce papier de la laine teinte et moulue, avec un mordant composé de céruse broyée et d'huile cuite;

La tontisse provient de la tonte des draps; elle sert après teinture, moulue, réduite en poussière, puis blutée, afin d'être amenée au degré de finesse voulu pour s'attacher solidement au mordant avec lequel on a imprimé. C'est en soulevant la tontisse comme une poussière fine qu'on produit cette adhésion. On applique souvent après cette opération des couleurs à la colle, qui, par l'effet de leur coloration et aussi de la pression de la planche, augmentent l'effet des veloutés.

3° Enfin, les papiers *dorés* et *argentés*, pour lesquels on emploie les mêmes procédés que pour les papiers veloutés, c'est-à-dire qu'on imprime d'abord le dessin qu'on veut obtenir avec le *mordant gras*, puis on le recouvre avec des feuilles bien minces de métal. Le papier doré se fait avec l'*or faux*, ou *or d'Allemagne;* il n'en est pas de même pour le papier argenté, pour lequel on emploie toujours l'argent pur.

Pendant longtemps Paris a eu le monopole exclusif de la fabrication des papiers peints, et c'est encore là qu'en existe le foyer principal, car on n'en compte dans les départements que 6 à 7 fabriques de quelque importance, réparties ainsi qu'il suit : 3 à Lyon, 1 à Mulhouse, 1 à Strasbourg, 1 à Metz, tandis qu'à Paris il en existe un

très grand nombre, employant plus de *trois mille* ouvriers. *Imprimeurs*, *graveurs*, *tireurs*, etc.

Un grand nombre de fabriques se sont aussi élevées à l'étranger ; il en existe plusieurs en Belgique, en Allemagne, en Hollande, en Angleterre et en Russie. Mais jusqu'ici nos produits sont de beaucoup supérieurs à tous les autres, sous le rapport du goût et de la pureté des dessins, de la vivacité du coloris et de la bonne fabrication ; nous ne redouterions donc pas leur concurrence, si elles ne copiaient pas servilement la majeure partie de nos dessins.

PARAFFINE. Substance solide dont la densité = 0,870, fusible vers 44°, et dont les caractères physiques ont une certaine analogie avec ceux du blanc de baleine. On la retire des huiles pesantes, derniers produits de la distillation à sec du goudron obtenu en distillant du bois, des schistes bitumineux ou des débris d'animaux. La paraffine a exactement la composition élémentaire de l'hydrogène bi-carboné ; elle serait susceptible de remplacer la cire et le blanc de baleine dans la fabrication des bougies, si l'on arrivait à l'obtenir en grand à un prix assez bas. On trouve dans la nature, en Moldavie, une substance, nommée ozokérite ou cire fossile, qui est de la paraffine à peu près pure, et qui est employée sur les lieux à la fabrication de la cire.

PARALLÉLOGRAMME ARTICULÉ. Voyez MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL.

PARATONNERRE (*angl.* thunder-conductor, *all.* blitzableiter). Tout le monde connaît les effets terribles de la foudre ; ils sont de même nature que ceux que nous pouvons produire dans nos laboratoires au moyen de la décharge d'une puissante batterie électrique. Cette découverte, due à Francklin, le conduisit à la découverte des paratonnerres. Ceux-ci se composent d'une tige métallique pointue qui s'élève dans l'air, et d'un conducteur qui descend de l'extrémité inférieure de la tige jusqu'au sol. Les conditions nécessaires pour qu'ils puissent produire leur effet sont : 1° que la pointe de la tige soit bien aiguë ; 2° que le conducteur communique parfaitement avec le sol ; 3° que depuis la pointe jusqu'à l'extrémité inférieure du conducteur il n'y ait aucune solution de continuité ; 4° que toutes les parties de l'appareil aient des dimensions convenables.

La tige d'un paratonnerre a environ 9m,25 de longueur ; elle se compose habituellement de trois pièces ajustées bout à bout, savoir : une barre de fer de 8m,60 ; une baguette de laiton de 0m,60 et une aiguille de platine de 0m,05 ; leur ensemble forme un cône qui s'amincit régulièrement jusqu'au sommet, et dont la base a 0m,05 de diamètre. L'aiguille de platine est soudée à la baguette de laiton avec de la soudure d'argent, et on enveloppe encore cette jonction avec un petit manchon de cuivre. La baguette de laiton se réunit à la barre de fer au moyen d'un goujon qui entre à vis dans toutes deux ; ce goujon est ensuite fixé dans chacune d'elles par deux goupilles à angle droit. Pour ajuster la tige au-dessus du bâtiment, on perce le toit, et on la fixe avec des brides ou des étriers solides, soit contre un poinçon, soit contre le faîtage. Au bas de la tige, à 0m,08 du toit, on soude une embase destinée à rejeter l'eau. Un peu au-dessous de l'embase, sur 0m,05 de longueur, la tige est cylindrique et parfaitement rôdée pour recevoir un collier brisé à charnière, qui doit réunir la tige au conducteur. Ce dernier consiste tantôt en une barre de fer carrée de 0m,015 à 0m,020 de côté, tantôt en un câble en fil de fer qui descend jusqu'au sol. On soutient ce conducteur au moyen de pattes appliquées sur la couverture et le long du mur, de manière à soulager le point d'attache. Si l'on a à sa disposition un puits qui ne tarisse pas, ou si, avec une petite sonde, on peut atteindre une profondeur où l'eau soit permanente, il suffira d'y faire arriver le conducteur, en le divisant en plusieurs branches. Pour multiplier le contact, on mènera le conducteur au puits ou au trou par des tranchées creusées dans la terre, que l'on remplira ensuite avec de la braise de boulanger. On aura, de cette manière, le double avantage de préserver le fer de la rouille et de le mettre déjà en contact avec cette braise qui est un très bon conducteur. On emploie avec succès du fer zingué, dit fer galvanisé, pour prévenir l'oxydation. Lorsque l'on n'aura pas d'eau, il faudra chercher au moins un lieu humide et y mener le conducteur par une longue tranchée dans laquelle il sera bien enveloppé de braise. On pourra même alors, pour plus de sécurité, former des tranchées perpendiculaires à la première et plus ou moins longues, dans lesquelles on fera passer des ramifications du conduit.

Lorsqu'un nuage orageux passera au-dessus d'un paratonnerre ainsi établi, les électricités naturelles de la tige et du conducteur seront décomposées ; celle de même signe sera repoussée dans le sol, où elle pourra se répandre librement, puisque le conducteur communique parfaitement avec le sol ; celle de signe contraire sera attirée au sommet de la tige, et là elle s'écoulera dans l'air par l'extrémité de la pointe et ira neutraliser peu à peu celle qui est accumulée dans le nuage orageux. Les deux fluides opposés n'éprouvant nul obstacle à leur circulation dans toute l'étendue de la conduite et à leur écoulement, l'un dans le sol et l'autre dans l'air ; l'accumulation de l'électricité sur le paratonnerre sera nulle, et, par conséquent, toute explosion impossible. L'expérience a démontré qu'une tige de paratonnerre de 9 à 10m de hauteur, établie suivant les règles ci-dessus et mise en communication avec tous les bons conducteurs qu'elle doit protéger, garantit des effets de la foudre tout ce qui est autour d'elle dans un cercle de 20m de rayon, c'est-à-dire à peu près double de sa hauteur.

PARCHEMIN (*angl.* parchmend, *all.* pergament). Voyez TANNAGE.

PAREMENT, PAROU. Voyez TISSAGE.

PARFUMERIE. La parfumerie est l'art de préparer les pommades, les eaux odoriférantes, les pastilles du sérail, etc. Nous allons indiquer sommairement les méthodes que l'on suit, en général, en les faisant suivre de la recette de quelques-uns des produits les plus répandus.

Pommades. La meilleure matière à prendre comme base des pommades est la moelle de bœuf, mais à cause de son prix élevé on la remplace généralement par un mélange de graisses de veau ou de bœuf et de porc. On pile la graisse brute dans un mortier, on la fond au bain-marie sans ajouter d'eau, et on la passe à travers une toile. Le moyen le plus simple et le plus usité pour la parfumerie, consiste à y verser, lorsqu'elle est encore fluide, et quelques instants avant sa solidification, une petite quantité d'essence odoriférante et de mélanger le tout. Lorsque l'on est sur les lieux où se trouvent les fleurs, comme à Grasse, en Provence, on fait fondre le mélange des graisses, on y jette une certaine quantité de fleurs, on brasse le tout ensemble et on laisse refroidir ; après vingt-quatre heures, on porte le mélange sous une forte presse et on en exprime à chaud la graisse, que l'on traite comme ci-dessus, à plusieurs reprises, avec de nouvelles fleurs, jusqu'à ce qu'elle ait acquis un parfum assez prononcé. On prépare de cette manière, en Provence, une grande partie des pommades à la rose, aux fleurs d'oranger, etc. On prépare de la même manière, avec de l'huile d'olive la plus pure, la plupart des huiles parfumées.

Les pommades et huiles au jasmin, à la tubéreuse, à la jonquille, à la violette, etc., ne peuvent se préparer comme il vient d'être dit, parce que la chaleur altérerait le principe odoriférant ou huile essentielle que renferment ces fleurs. On suit alors un autre procédé : pour les

pommades, on a des châssis carrés en bois dont le fond est fermé par une plaque de verre, que l'on recouvre d'une couche mince de graisse purifiée ; on remplit ensuite les châssis avec des fleurs, on les superpose et on les laisse ainsi plusieurs jours jusqu'à ce que la matière grasse ait absorbé toute l'huile essentielle des fleurs ; on enlève alors celles-ci et on les remplace par des fleurs fraîches. La préparation des pommades, par ce procédé, dure de deux à trois mois. Pour les huiles on agit de la même manière, à cette différence près que le fond des châssis est formé non d'une plaque de verre, mais d'une toile imbibée d'huile d'olive de première qualité, qui, une fois imprégnée de l'essence des fleurs, est séparée par pression des toiles.

EAUX DE SENTEUR. A Grasse, on prépare ordinairement ces eaux ou *esprits* en faisant digérer un mélange, en proportions variables, d'huiles grasses parfumées, avec un volume égal d'esprit-de-vin, en ayant soin d'agiter fréquemment pendant plusieurs jours, puis laissant reposer et décantant l'esprit qui surnage, et qui s'est emparé des huiles essentielles qui étaient en dissolution dans les huiles grasses. A Paris, on prépare habituellement ces eaux en dissolvant dans de l'esprit-de-vin, les huiles essentielles obtenues par la distillation des fleurs avec de l'eau. Néanmoins, comme certaines essences s'altéreraient par ce traitement, on est obligé dans quelques cas de recourir au procédé de Grasse. Comme exemple du procédé parisien, nous indiquerons la préparation de l'*eau de mille fleurs*, qui se fait en mélangeant :

Esprit-de-vin.	9 litres
Eau de fleurs d'oranger. . . .	4 —
Baume du Pérou.	60 grammes
Essence de bergamotte. . . .	120 —
Essence de girofle.	60 —
Essence de néroli.	15 —
Essence de thym.	15 —
Essence de musc.	120 —

L'essence de musc se prépare en faisant digérer au soleil, pendant deux mois, 15 gram. de civette et 75 gram. de musc dans deux litres d'esprit-de-vin ambré.

Nous ajouterons encore quelques mots sur la plus connue de ces eaux, l'*eau de Cologne*. Jean-Marie Farina, l'inventeur de ce produit, le préparait comme il suit : on prend, esprit-de-vin rectifié, 300 kil. ; mélisse et menthe de Notre-Dame, de chaque, 350 gram. ; roses et violettes, de chaque, 120 gram. ; fleurs de lavande, 60 gram ; absinthe, 30 gram. ; sauge et thym, de chaque, 30 gram. ; acore, fleurs d'oranger, noix de muscade, mâcis, clous de girofle et cannelle, de chaque, 15 gram. ; camphre et racine d'angélique, de chaque, 8 gram. On fait digérer pendant vingt-quatre heures le tout dans l'esprit-de-vin, avec deux oranges et deux citrons coupés en tranches, on distille au bain-marie et on recueille les 200 premiers kilogrammes qui passent à la distillation. A ce produit on ajoute : essence de citron, de cédrat, de mélisse et de lavande, de chaque, 45 gram. ; essences de néroli et de romarin, de chaque, 15 gram. ; essence de jasmin, 30 gram. ; essence de bergamotte, 350 gram. ; on mélange bien, on filtre et on met l'eau dans des flacons. On prépare également l'eau de Cologne par simple mélange, sans distillation, mais les produits obtenus n'ont jamais une odeur aussi suave. Une recette plus simple que la précédente, et due à Cadet de Gassicourt, consiste à mélanger 2 litres 1/4 d'esprit-de-vin, ayant une densité de 0,8638, avec 8 gram. de graines de cardamome, et essences de néroli, de cédrat, d'orange, de citron, de bergamotte et de romarin, de chaque, 24 gouttes ; à distiller au bain-marie et à recueillir 1 litre 3/4.

On prépare de la même manière des vinaigres de senteur, par infusion ou distillation, en remplaçant l'esprit-de-vin par du vinaigre.

Pastilles du sérail. Se font avec un mélange de charbon finement pulvérisé, de nitre et de substances odorantes, en grande partie des gommes résines, que l'on façonne en petits cônes ou trochisques, après y avoir ajouté un peu de mucilage de gomme arabique et adragante, que l'on laisse ensuite sécher. Lorsqu'on allume une de ces pastilles, elle brûle en fusant, en vertu du nitre et du charbon qu'elle renferme, et en répandant une odeur agréable.

A 24 grammes d'oliban en larmes ;
24 — de storax en larmes ;
16 — de nitre ;
et 124 — de charbon pulvérisé, on ajoute, pour des pastilles à la rose :
32 grammes de feuilles de rose sèches pulvérisées ;
2 — d'essence de rose.

Pour des pastilles à la fleur d'oranger :
24 grammes de galbanum ;
32 — d'écorce d'orange sèche pulvérisée ;
2 — d'essence de néroli.

Et pour des pastilles à la vanille :
24 grammes de galbanum ;
16 — de girofle ;
32 — de vanille ;
1 — d'essence de girofle ;
16 — d'essence de vanille.

On pulvérise très fin tous ces ingrédients, on les mêle avec un mucilage de 4 grammes de gomme arabique dans 2/3 de décilitre environ d'eau pure ou d'eau de rose, et on façonne la pâte en petits cônes, que l'on fait sécher.

On prépare d'une manière analogue des esprits odoriférants que l'on brûle, et dans lesquels on remplace presque toujours la vanille par du benjoin.

Nous indiquerons encore la composition d'une poudre très employée, soit pour les cassolettes, et alors on en jette une pincée dans une cassolette ou sur un poêle chaud, soit pour remplir des sachets odoriférants. On prend : cannelle, cassia et girofle, de chaque, 65 gram. ; iris de Florence et storax en larmes, de chaque, 97 gram. ; roses de Damas et fleurs de lavande, de chaque, 160 gram. ; essences de girofle, de cédrat, de lavande et de bergamotte, de chaque, 2 gram. ; essence de néroli, 1 gram. On hache tous les ingrédients solides et on les réduit en fragments de la grosseur d'un grain d'orge mondé, au plus, on en sépare la poussière au tamis de crin ; on les mélange ensemble et on arrose le tout avec les essences ci-dessus, que l'on a d'abord dissoutes dans le triple de leur poids d'esprit-de-vin.

Pâtes d'amandes. La pâte grise ou *bise*, en poudre, se prépare avec des noyaux d'abricots ou des amandes amères, que l'on broie et que l'on soumet ensuite à l'action d'une presse pour en extraire l'huile ; on fait sécher le résidu, on le broie et on le tamise. On agit de même pour les pâtes blanches, à cela près qu'on fait d'abord bouillir les amandes dans de l'eau afin d'en enlever la peau. On emploie pour ces pâtes tantôt des amandes douces, tantôt des amandes amères.

Les *crèmes* ou pâtes liquides d'amandes se préparent avec les pâtes sèches précédentes ; l'une des plus estimées se prépare en pétrissant ensemble : miel et pâte blanche d'amandes amères, de chaque, 250 gram. ; huile d'amandes amères, 500 gram. ; et quatre jaunes d'œufs.

PASTEL. On donne ce nom à une plante crucifère d'où l'on retire une petite quantité d'INDIGO (voyez ce mot). On désigne également sous le nom de pastel un genre de dessin qui se fait avec des crayons de pâte colorée, dont nous avons décrit la préparation à l'article CRAYONS.

PASTILLES. Nous dirons seulement ici quelques mots sur la fabrication des pastilles que préparent les confiseurs, et qui portent le nom de pastilles à la goutte. Prenons pour exemple les pastilles de menthe : on pren

dra du sucre bien blanc, que l'on pulvérise fin et que l'on délaie avec de l'eau distillée de menthe poivrée, de manière à en former une pâte assez consistante, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'essence de menthe. Cette opération se fait dans un petit poêlon à fond rond et à bec; on chauffe ensuite la pâte sur un feu très doux, et, dès qu'elle a acquis assez de fluidité, on la coule goutte à goutte sur des feuilles de fer-blanc, en détachant avec une aiguille à tricoter chaque goutte, à mesure qu'elle se présente à l'extrémité du bec. Aussitôt qu'elles sont figées sur la feuille de fer-blanc, on les en détache par une légère secousse et on les met sur des tamis de crin pour les faire sécher à l'étuve. On prépare les pastilles à la goutte, dont une moitié est blanche et l'autre colorée, en se servant d'un poêlon partagé, dans le sens du bec, dans tout son diamètre et sa profondeur, par un diaphragme qui sépare les deux pâtes de manière à ce qu'elles ne s'accolent que pendant la coulée. On fait aussi des pastilles à la goutte qui sont transparentes; on les nomme pastilles au bijou. Elles diffèrent des précédentes en ce que l'on chauffe assez pour liquéfier entièrement le sucre. On les coule de la même manière, mais comme elles se concrètent en tombant, elles prennent la forme sphérique.

PATES MOULÉES. On remplace actuellement, par économie, les ornements de sculpture qu'on faisait autrefois à grands frais, sur le champ des cadres, les panneaux des portes d'appartements, etc., par des pâtes moulées qu'on applique ensuite, en les fixant avec de la colle et même des pointes fines, à la place que l'on désire. Ces pâtes se font ordinairement en papier mâché, en râpures de bois ou en blanc d'Espagne.

Les pâtes moulées en papier mâché se font avec du papier réduit en pâte, ou de la pâte à papier; cette pâte, privée de son excès d'eau par la pression, est étendue dans un moule en bois dur, ou mieux en plâtre broyé avec du lin, et comprimée d'abord à la main, puis avec un linge; on laisse ensuite sécher lentement à l'air, et on couvre souvent avec une ou plusieurs couches de blanc d'Espagne délayé avec de la colle. Ces objets peuvent être dorés ou peints.

Les pâtes en sciure de bois se font en faisant fondre séparément 5 parties de colle de Flandre et 1 p. de colle de poisson, dans assez d'eau pour obtenir une colle très claire, que l'on passe à travers un linge, et on les mêle; la liqueur doit former une gelée très faible par le refroidissement. On la chauffe de manière à ce que le doigt puisse à peine y rester plongé; on y incorpore de la sciure de bois passée au tamis; on étend une couche de quelques millimètres de cette pâte dans un moule de plâtre ou de soufre graissé d'huile de lin, et on coule par dessus une autre pâte faite avec les portions de sciure qui n'ont pu passer au tamis, que l'on comprime et que l'on charge ensuite d'une planche sur laquelle on met des poids. Cette pâte prend parfaitement la peinture et la dorure.

Les pâtes moulées en blanc d'Espagne se font en pétrissant un mélange de colle et de blanc d'Espagne, que l'on moule ensuite comme ci-dessus. On les emploie surtout pour ornements de cadres; on les recouvre de plusieurs couches de blanc à la colle, on répare et on dore.

PAVAGE. PAVÉ. Le premier de ces mots désigne l'action de paver, ou l'ouvrage fait avec des pavés; le second s'applique aux cailloux, aux morceaux de grès, et en général à tous les matériaux qui servent à paver.

Les Carthaginois, les premiers, pavèrent les rues de leur ville : *Primum autem pœni dicuntur lapidibus stravisse* (Isidori Hisp. épis. orig. lib. XV, cap. 16). Les rues de Rome ne furent pavées que 188 ans environ après l'expulsion des rois, sous le consulat d'Appius Claudius; et la première route pavée construite par les Romains le fut sous le consulat d'Aurélius Cotta, c'est-à-dire 512 ans après la fondation de Rome. Paris ne commença à l'être que vers 1185, sous Philippe-Auguste. Suivant Dulaure (*Hist. de Paris*, 1er vol.), on ne pava sous ce roi que les rues formant ce que l'on appelait la *croisée de Paris*, c'est-à-dire deux rues se croisant au centre de cette capitale, et dont l'une allait du sud au nord, et l'autre de l'est à l'ouest. Ce pavé se composait de grosses dalles ou carreaux de grès d'environ 0m,09 de long sur 0m,16 d'épaisseur. En creusant la tranchée de l'égout de la rue Saint-Denis (10 février 1832), on a trouvé deux anciennes voies. L'une, qui, enfoncée à environ 0m,19 au-dessous du sol, était pavée avec de larges blocs de pierres et quelquefois de grès : c'est l'ancien pavé de Philippe-Auguste; l'autre, plus enfoncée encore, est à environ 0m,09 de la première, était recouverte par un cailloutis. C'est l'ancienne voie romaine du temps des empereurs.

Les chaussées se divisent en deux grandes classes, suivant leur mode de construction, ce sont : 1° les *chaussées pavées*; 2° les *chaussées en empierrement*. Les premières sont construites avec des matériaux de formes régulières et assez volumineuses pour avoir de la stabilité et être posés en biais ou bien à côté des autres. Les secondes, au contraire, sont construites avec des matériaux irréguliers et qui n'ont de cohésion entre eux que celle produite par leur enchevêtrement résultant d'une pression ou d'un choc. Nous ne nous occuperons ici que de ce qui a rapport à l'établissement des chaussées et des rues pavées, renvoyant à l'article ROUTE pour ce qui a rapport aux chaussées en empierrement.

Un bon pavage doit satisfaire aux conditions suivantes : 1° il doit être disposé de manière à s'opposer aux infiltrations des eaux qui pourraient venir affouiller le sol sur lequel on l'a placé; 2° il doit être composé d'une matière dure susceptible de résister aux chocs et aux frottements auxquels il sera exposé par suite du passage des voitures; 3° enfin, sa surface ne doit être ni trop unie ni trop raboteuse, et présenter seulement quelques aspérités destinées à servir de point d'appui aux pieds des chevaux.

Les matériaux que l'on emploie au pavage varient avec les localités où l'on se trouve. Toutes les pierres dures indistinctement peuvent être employées. Celles dont on fait le plus fréquemment usage sont : le *grès*, la *meulière*, le *granite*, le *basalte*, le *porphyre*, le *schiste*, la *pierre calcaire*, les *cailloux roulés*, etc., etc.

Les pavés, quelle que soit leur nature, se posent sur une couche de sable de 0m,15 à 0m,17 d'épaisseur. Ce sable par son incompressibilité et sa semi-fluidité a la propriété de répartir le poids que supporte un pavé sur une base plus grande que celle du pavé même.

Quand on construit une chaussée pavée on doit avoir grand soin de réunir les pavés de même dureté, sans cela les plus tendres s'usent rapidement et forment des trous dans lesquels tombent les roues des voitures; ces chocs accélèrent la destruction des pavés tendres et par suite la dégradation des pavés voisins.

Dans les rues des villes, le pavage s'étend jusqu'aux maisons; sur les routes, au contraire, les chaussées pavées n'en occupent que le milieu, et les accotements les bordent de chaque côté. Pour que les roues des voitures qui passent de la chaussée sur l'accotement, ou réciproquement, ne culbutent pas les pavés extrêmes; on donne à ceux qui sont ainsi placés des dimensions plus fortes que celles des pavés ordinaires : ils portent le nom de *bordures* ou *boutisses*. Ces bordures servent en outre à découper les joints et à supprimer les *traversins* ou *demi-pavés*. A Paris, on leur donne une longueur égale à un pavé et demi et une épaisseur égale à celle des pavés. Elles ont donc 0m,35 de longueur sur 0m,23 d'épaisseur.

Des matériaux de diverses grosseurs ont été employés au pavage des chaussées. On n'est pas encore d'accord sur les dimensions les plus convenables à don-

ner aux pierres que l'on veut employer. On sait seulement que les bons pavages doivent être établis avec des pierres de moyenne grosseur. Les petites sont difficiles à mettre en œuvre et n'ont pas toutes la même résistance ; celles de grandes dimensions présentent trop de surface pour leur épaisseur, elles peuvent donc se briser facilement. On a employé pendant longtemps et on emploie encore à Paris, presque exclusivement, les pavés cubiques de 0m,23 de côté, qui se posent les uns à côté des autres sur une couche de sable. L'expérience a cependant démontré qu'il est avantageux de mettre en œuvre des pavés à sections rectangulaires. C'est ainsi que sont pavées les rues Saint-Honoré, du faubourg Saint-Martin, etc., etc.

On fait des pavages 1° en *pavés bruts*, c'est-à-dire tels qu'ils sortent de la carrière ; 2° en *pavés semillés*, c'est-à-dire en pavés, qui, avant d'être posés ont été taillés de manière à abattre seulement les aspérités ; 3° en *pavés piqués*, c'est-à-dire en pavés qui ont été taillés et dressés à la pointe sèche avec arêtes vives,

Le pavage en pavés bruts permet de conserver aux pierres plus de matière. En outre, moins le grès est travaillé, et plus sa masse est compacte, parce qu'il n'y a pas eu désunion dans les molécules par le choc des outils employés à le tailler. Ce mode de pavage est donc avantageux sous le rapport de la solidité du pavé, mais les joints sont plus grands et la surface plus raboteuse ; il est presque exclusivement employé pour raison d'économie ; la main d'œuvre du semillage, et à plus forte raison celle du piquage, augmentant de plus de 300 fr. le prix de revient du mille de pavés. Cependant il convient de piquer les pavés tendres afin d'augmenter leur durée.

Le grès est sans aucun doute la pierre la plus convenable pour le pavage, à cause de sa dureté, de son homogénéité, et de la facilité avec laquelle on le débite aux dimensions convenables.

Le grès est un composé de débris de quarz réunis et agglutinés par un ciment siliceux ou calcaire. Rien n'est plus variable que sa qualité ; il y a des grès très tendres, dont les grains sont à peine liés ensemble et se séparent sous le moindre choc ; d'autres résistent davantage aux outils ; d'autres sont durs, sonores, ont une surface lisse et se cassent assez difficilement, mais net : enfin il y a le grès *grisard*, qui est tellement dur, que les outils ne peuvent l'entamer. Les ouvriers qui préparent les pavés de grès, appellent grès *pif*, le grisard, c'est-à-dire celui qui est trop dur pour être employé ; le grès *paf*, celui dont la densité et la dureté le rendent propre à servir au pavage. Enfin, grès *pouf*, celui qui se réduit en sable sous le choc des outils.

Les pavés de grès proviennent de rochers plus ou moins volumineux, placés tantôt à fleur de terre, tantôt au-dessus du sol et quelquefois au-dessous. On abat d'abord la roche, soit à la poudre, soit au moyen de coins en fer, puis on subdivise les blocs obtenus par les mêmes moyens, pour en faire des bandes d'épaisseur et de largeur convenables à l'échantillon du pavé qu'on veut obtenir. Ces bandes sont ensuite elles-mêmes subdivisées en pavés de dimensions voulues avec un couperet à deux pannes pesant environ 30 kilogr. Les pavés sont ensuite équarris avec un couperet de même forme mais plus petit, du poids de 3 à 4 kilogr. Les *fendeurs*, ouvriers employés dans les carrières, à la refente et à l'équarrissage du pavé, ne font qu'un seul échantillon, dit *gros pavé* ou *pavé de ville*, ayant 0m,23 de côté en tous sens ; quelques-uns cependant n'ont souvent que 0m,16 à 0m,18 d'un côté, et 0m,23 sur l'autre ; ils débitent environ quatre cents pavés par jour. On fait aussi sur les carrières de grands pavés dits *bordures*, de 0m,23 d'épaisseur sur 0m,25 de longueur. Enfin, on y fait aussi du pavé *bâtard*, qui est plus petit que celui de dimensions ordinaires et qui provient des restes de blocs dans lesquels les fendeurs n'ont pu trouver un pavé de ville : il a de 0m,16 à 0m,20 de long sur 0m,10 à 0m,14 d'épaisseur. Les pavés de grès que l'on emploie à Paris, proviennent de Bellay, Moffliers, de divers coteaux de la vallée d'Yvette, de la vallée de l'Ourcq, de celle de la Marne, de Ballancourt, des environs de Fontainebleau, etc. On distingue les pavés durs des pavés tendres 1° en ce que ces derniers sont moins lourds ; 2° en ce qu'ils absorbent une quantité d'eau plus grande lorsqu'on les immerge dans l'eau ; 3° en ce que lorsqu'on frappe dessus avec un marteau le son est d'autant plus sourd que le pavé est plus tendre ou présente plus de fissures.

On distingue les pavés en *roche dure*, c'est-à-dire celui qui sert entier, sans être refendu, au pavage des rues, des routes, etc., et en *roche franche*, c'est-à-dire celui qui, après avoir été refendu, sert au pavage des cours, des allées, des écuries, etc., etc. Pour obtenir le pavé en roche franche, on divise le pavé de gros échantillon en deux ou trois sur la hauteur. Le *pavé de trois* est celui qu'on emploie le plus fréquemment : il a de 0m,07 à 0m,08 de hauteur ; celui *de deux* a 0m,10 à 0m,11. Les pavés de deux ou de trois se placent toujours sur une couche de mortier. Pour établir une chaussée pavée, on creuse l'encaissement qui doit recevoir et le pavé et la couche de sable sur laquelle il reposera. c'est ce que l'on appelle la *forme ;* elle a 0m,40 de profondeur. Le fond de l'encaissement est ensuite dressé suivant les pentes et profils adoptés. Dans l'encaissement ainsi préparé, on répand du sable de manière à en former une couche de 0m,10. Cette couche est successivement damée et arrosée à grande eau jusqu'à ce que son épaisseur soit réduite à 0m,07. Sur cette première couche, on en étend une seconde de 0m,10, qui est travaillée de la même manière que la première, jusqu'à ce que son épaisseur soit aussi réduite à 0m,07. Enfin sur cette seconde couche, on en met une troisième de 0m,03 à 0m,06, suivant l'échantillon du pavé, qui ne sera ni damée ni arrosée. C'est sur cette troisième couche qu'on pose les pavés. On ne peut apporter trop de soins à la confection de la forme et à la consolidation du sol sur lequel elle est établie, car c'est d'elle que dépend la durée d'un pavage. Un pavé très dur durera moins sur une forme mal établie qu'un pavé plus tendre placé sur une forme bien solide.

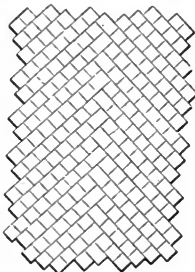
Dans les rues très fréquentées, on remplace quelquefois la forme en sable par un sous-pavage en pavés de rebut. Par dessus ce sous-pavage, on pose une couche de sable de 0m,03 sur laquelle sont placés les pavés de la chaussée.

Le sable que l'on place entre le sol de la forme et la couche de pavés a pour but, comme nous l'avons déjà dit, de répartir plus uniformément la pression, en outre sa *semi-fluidité* lui permet de remplir les espaces vides qui se trouvent toujours entre les joints des pavés. On se sert indistinctement de sable de plaine ou de sable de rivière ; il doit être pur, graveleux, d'un grain sec, exempt de terre et d'argile. On en emploie deux qualités ; l'une sert à faire la *forme*, c'est le *gros sable* ; l'autre sert à garnir les joints et à recouvrir l'ouvrage, c'est le *sable fin*. Le gros sable se passe à la claie de 0m,01 d'écartement, le sable fin est passé à la claie de 0m,005 d'écartement.

A Paris, on a essayé un moyen mixte consistant à recouvrir le sol par un *treillis* en bois semblable à celui qu'emploient les jardiniers pour clôture. Sur ce treillis, dont le but est de répartir plus uniformément la pression, on pose une couche de sable de 0m,07 à 0m,08 d'épaisseur. Le temps seul prononcera sur la bonté de ce système.

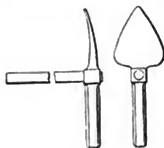
Les pavés sont posés sur la couche de sable par rangées perpendiculaires à la direction de la route et s'étendent d'une bordure à l'autre. On a soin de croiser

les joints, de manière à ce que ceux d'un rang correspondent toujours au milieu des pavés de deux rangs contigus. L'expérience a montré qu'il serait plus convenable de placer les pavés par rangées obliques par rapport à l'axe de la route; de cette manière, les joints sont toujours obliques par rapport à la direction des roues. C'est ainsi que sont pavées les rues des principales villes d'Autriche. Ce pavage représenté dans la fig. 1977 est beaucoup plus résistant que celui employé en France, l'action des roues ayant lieu suivant la diagonale des pavés, qui sont en outre solidaires les uns des autres par suite de la direction oblique des joints.


1977.

Pour un mètre carré de pavés cubiques de 0m,23 de côté, on emploie 0m.c.,23 de gros sable pour la forme, et 0m.c.,045 de sable fin, dont 0,02 pour les joints, 0,01 pour la couverture, et 0,005 pour les pertes.

La pose des pavés se fait à l'aide d'un marteau (fig. 1978 et 1979) pesant 17 kilog., qui présente d'un bout la forme d'une *houe allongée* et de l'autre une *tête*. Au moyen de la houe, l'ouvrier prépare la place du pavé; la tête lui sert pour l'assurer quand il est posé.


1978. 1979.

Les joints sont garnis à la main. On prescrit ordinairement de ne donner que 0m,005 à 0m,010 aux joints; mais les faces des pavés étant toujours inégales, il est impossible de se maintenir dans ces limites à moins de tailler les faces des pavés. Pour éviter cette main-d'œuvre, on tolère des joints de 0m,015.

Pour donner de la stabilité à un pavage neuf avant le passage des voitures, on l'affermit et on le dresse en frappant successivement sur chaque pavé avec une *demoiselle* ou *hie* (fig. 1980), du poids de 35 à 40 kilog. C'est après cette opération qu'on couvre le pavage d'une couche de sable fin de 0m,02 à 0m,01 d'épaisseur.


1980.

A l'article ROUTE, on verra que les chaussées se divisent en *chaussées creuses* et en *chaussées à revers*. Dans les premières, le ruisseau qui sert à l'écoulement des eaux est au milieu de la chaussée; dans les secondes, au contraire, il y a deux ruisseaux qui sont placés sur les côtés de la chaussée. Dans l'un et l'autre cas, c'est toujours le ruisseau qui fatigue le plus, parce que les roues des voitures y retombent continuellement. Ces ruisseaux se construisent de diverses manières; quelquefois les pavés qui les forment sont placés alternativement de manière à avoir 1/3 de leur largeur d'un côté de l'axe du ruisseau, et les 2/3 de l'autre côté. Cette disposition a l'inconvénient de retenir les eaux ménagères qui, devenant stagnantes, se corrompent et rendent les ruisseaux infects. On avait voulu éviter cet inconvénient en plaçant une ligne continue de joints dans l'axe du ruisseau; cette disposition est encore plus mauvaise que la précédente, par la raison que les roues de voitures suivent toujours la même trace, et le ruisseau se trouve bientôt creusé de plusieurs centimètres en profondeur. On en voit un exemple dans la rue de la Harpe, etc., où les ruisseaux sont établis de cette manière. Une disposition préférable aux deux précédentes consiste à employer des pavés taillés ayant une longueur égale à un pavé et demi; de cette manière le ruisseau est plus large, sa forme courbe fait que les roues ne passent pas toujours à la même place, de plus il n'y a pas de joints dans l'axe du ruisseau. Enfin, dans ces derniers temps, on a remplacé les ruisseaux qui se trouvaient de chaque côté des rues par des rigoles pratiquées dans les bordures en granite qui forment les trottoirs. Cette disposition est indiquée fig. 1981.

Les joints des pavés qui forment les ruisseaux des chaussées doivent être garnis avec du mortier hydraulique, car le sable serait entraîné trop rapidement. Mais pour que cette condition soit réellement utile, il faudrait que la garniture de mortier fût bien complète; et comme cela n'a jamais lieu, il en résulte que très souvent la garniture se fait avec du sable. Souvent aussi il arrive qu'au-dessous des ruisseaux on établit un sous-pavage avec des pavés de rebut, dont les joints sont garnis avec du mortier hydraulique, par ce moyen on consolide le sol et on conserve le ruisseau dans un meilleur état. Ce sous-pavage est recouvert d'une couche de sable de 0m,03 sur laquelle on pose les pavés du ruisseau.


1981.

Les causes qui tendent à détériorer les chaussées pavées se réduisent aux suivantes : 1° les chocs et les frottements occasionnés par le passage des voitures; 2° l'eau et la boue qui les recouvrent souvent; 3° enfin les tassements du sol sur lequel le pavage est établi.

Les voitures en passant sur les pavés les usent peu à peu à leur surface et font qu'au bout de quelque temps ils sont trop petits et ne peuvent plus servir. Lorsque les pavés sont usés, leur surface est toujours convexe, parce que dans un pavé la résistance au bord est moindre qu'au centre, en outre les arêtes qui forment les joints parallèles à l'axe de la route sont continuellement soumises à l'action des roues de voitures qui suivent toujours cette direction. Une condition essentielle à remplir pour faire durer longtemps un pavage, est de choisir les pavés les plus durs, et surtout ne prendre, autant que faire se peut, que ceux d'une égale dureté.

L'eau qui se trouve à la surface des chaussées traverse souvent la couche de pavés et vient affouiller le sable ou le sol sur lequel elle est placée. La boue est un agent de destruction, elle renferme toujours de petites particules de grès qui usent rapidement le pavé lorsqu'elle se trouve interposée entre la jante de la roue et la surface du pavé. On remédie à ces inconvénients en n'y laissant séjourner ni l'eau ni la boue. Pour s'opposer aux infiltrations des eaux, on a essayé de remplir

les joints des pavés avec du bitume; ces essais n'ont pas réussi.

Enfin, si en établissant le pavage, on n'a pas eu soin de comprimer bien également le sol de la forme et la forme de sable, le passage des voitures enfonce les pavés qui se trouvent aux endroits les moins tassés, ce qui produit les *flaches* qui rendent l'opération du repiquage nécessaire.

Les travaux d'entretien des chaussées pavées consistent en *relevés à bout* et en entretiens simples ou *repiquages*.

On entend par relevés à bout un travail qui consiste à démonter une portion de la forme, à piocher cette forme pour lui rendre la semi-fluidité et à apporter du sable pour rétablir le profil de la route.

Pour que ce travail soit bien fait, il faut prendre les précautions suivantes : 1° mettre au rebut les pavés cassés, déformés et de dimensions trop faibles. A Paris, un pavé qui a moins de 0^m,16 de queue est mis au rebut; 2° à employer un ou deux rangs de pavés neufs pour reconnaître là où a commencé le relevé à bout, puis les anciens pavés que l'on dispose, autant que possible, de manière à réunir ceux de même dimension et d'égale dureté, et à terminer le travail par tous les pavés neufs. Ce qui revient à dire que l'on fait des *baies* entières avec des pavés neufs, et d'autres baies avec les anciens pavés qui ont été *épincés*, c'est-à-dire dont on a abattu les *bosses*, parce que souvent on change la face de tête des pavés.

Pour faire un relevé à bout, on commence par enlever la terre et la boue qui se trouvent sur la partie de pavage que l'on veut relever à bout, de manière à ce qu'elles ne puissent retomber dans la forme. On enlève ensuite les pavés sur la longueur et la largeur prescrites. Les pavés étant arrachés, on nettoie avec soin la forme en enlevant les matières étrangères qui pourraient altérer la qualité du sable; celui qui reste est enlevé et mis de côté pour être employé ensuite. Cette opération terminée, on creuse l'encaissement de manière à en porter la profondeur à 0^m,40. Dans cet encaissement, on répand le sable de la vieille forme et on en ajoute, s'il est nécessaire, pour former une couche de 0^m,10. Cette couche est damée et arrosée de manière à ce que son épaisseur soit réduite à 0^m,07. Par dessus cette première couche, on en met une seconde de 0^m,10, qu'on traite de la même manière jusqu'à ce que son épaisseur soit de 0^m,07. Enfin, par dessus ces deux couches, on en met une troisième qui n'est ni damée ni arrosée, et sur laquelle se poseront les pavés. La forme étant préparée, on pose les pavés, comme nous l'avons dit précédemment. Lorsque le relevé à bout est terminé, les joints sont soigneusement bourrés de sable à l'aide d'une *fiche dentelée*.

L'entretien simple consiste à remplacer les pavés cassés et à relever les *flaches*, c'est-à-dire les parties de pavés qui sont enfoncées ou usées, c'est ce que l'on appelle le *repiquage*. A Paris, le repiquage se fait par des entrepreneurs; on compte le nombre de pavés arrachés, puis, avec un tableau fait d'avance, on en conclut la surface. On emploie quelques pavés neufs et environ 0$^{m.c.}$,08 de sable par mètre carré.

L'exécution du repiquage demande encore plus de soins que les relevés à bout pour le piochage de la forme et le choix des pavés. Dans un repiquage, ce qu'il importe surtout, c'est de ne pas affouiller le sol, c'est-à-dire qu'il faut se contenter d'enlever les parties dures de la forme, ainsi que les aspérités du sol, de bien décrotter les pavés qui forment le périmètre de la baie, en ayant soin de ne rien laisser tomber de cette crotte dans la forme. Ceci fait, il faut surtout que les pavés vieux ou neufs que l'on emploie aient la *même hauteur*, l'échantillonnage est d'une moindre importance.

A Paris, les rues fréquentées sont relevées à peu près de six en six ans. Quelques-unes, construites en mauvais pavés, le sont de trois en trois ans. D'autres, peu passagères, ne le sont que tous les vingt ans. Les routes des environs de Paris sont relevées à bout à des intervalles qui varient de huit à quinze ans.

Souvent il arrive que des pavés se trouvent plus bas que ceux qui les entourent. Pour les relever, on commence par gratter les joints sur 3 ou 4 centim. de profondeur; par ces joints, on introduit du sable en quantité suffisante pour que ces pavés, battus à la hie, se trouvent au niveau convenable. On remplit ensuite les joints avec du sable refoulé. On emploie, pour ce travail, 0$^{m.c.}$,05 de sable par mètre carré.

Les carrières de Fontainebleau produisent beaucoup de grès tendre et *friable*, qui ne peut servir au pavage des rues fréquentées. Jusque dans ces derniers temps on l'avait employé pour le pavage des cours, des écuries, etc., etc., des lieux enfin qui ne doivent pas être parcourus par des voitures pesantes.

Ce grès friable lorsqu'on vient à l'immerger dans du bitume, acquiert une dureté et une cohésion considérables qui permettent de l'employer au lieu et place des pavés durs (Payen, cours au Conservatoire, 1843). C'est ce que l'on appelle les *pavés bitumés*.

Aujourd'hui on consomme des quantités énormes de ces pavés, la ville de Paris en commande 1.000.000 par an. Nous croyons que l'on a mis trop d'empressement à approuver cette invention et à appliquer de suite sur de grandes surfaces ces pavés bitumés. Parmi les grès tendres il y en a de diverses qualités, ainsi les uns sont encore assez durs pour pouvoir résister plus longtemps, d'autres au contraire se réduisent en poussière au moindre choc. Or, les uns et les autres immergés dans le bitume acquièrent une dureté à peu près égale, mais il est facile de voir que cette dureté ne sera qu'apparente et que les pavés ainsi obtenus ne pourront durer longtemps. En outre, si une chaussée faite en pavés bitumés est exposée au soleil, le bitume se ramollira, et s'il survient une pluie, il sera chassé et remplacé par de l'eau; le pavé reviendra donc à l'état où il se trouvait avant d'être plongé dans le bitume, non pas dans toute son épaisseur, il est vrai, mais seulement dans la partie qui est à la surface et qui est la plus exposée aux chocs et aux frottements. C'est ce que l'expérience a confirmé plusieurs fois; cependant avec du bitume d'excellente qualité et du grès de moyenne dureté on pourrait obtenir des résultats plus satisfaisants.

Dans les localités où le grès manque, on emploie le calcaire, dont on forme des dés analogues à ceux des grès. Les chaussées pavées en calcaire s'établissent de la même manière que celles pavées en grès.

M. Brard, dans sa *Minéralogie pratique*, dit qu'on pourrait employer au pavage les roches volcaniques qui se trouvent en abondance dans l'Auvergne. Il cite la ville de Montils dont les rues sont pavées avec des prismes à six pans de roche basaltique. Les Romains employèrent les roches volcaniques dans le pavage de leurs routes, et aujourd'hui elles sont encore employées à Naples et à Florence.

A Châteauroux, les rues sont pavées avec de la meulière. On l'emploie également à Paris pour le pavage des ports, afin d'exposer une surface plus résistante aux pieds des chevaux et faciliter le débardage des bois.

Dans bon nombre de villes de province les rues sont pavées avec des *cailloux roulés*, tantôt ils se placent verticalement, le gros bout en bas, tantôt au contraire ils se placent le petit bout en bas; dans ce second cas, ils sont généralement inclinés. La quantité de sable qu'on emploie pour 1 mètre de pavage en cailloux roulés, est plus considérable que pour un pavage en dés cubiques.

Dans les localités où la pierre manque on emploie des briques pour le pavage des rues, pourvu toutefois

qu'elles présentent une résistance suffisante au frottement et à l'humidité. En Hollande, par exemple, toutes les rues sont pavées avec des briques. Quelquefois elles se posent en *épis*, ou ce qu'on nomme *point de Hongrie*. C'est ainsi que sont pavées les rues de Venise, et qu'était pavé l'ancien *Tibur* à Rome.

M. Polonceau père a proposé des pavés en terre cuite, qu'il nomme pavés céramiques, auxquels il donne la forme de prismes à six pans (*Bulletin de la Société d'encouragement*). Un ingénieur anglais, M. Prosser, a aussi proposé l'emploi de pavés en terre cuite. Mais aucun de ces systèmes n'a été essayé.

Les Anglais ont essayé d'employer la fonte pour le pavage des rues. Ils faisaient des pièces carrées en fonte, s'assemblant entre elles à queue d'hironde et dont la surface était rendue assez raboteuse pour que les chevaux ne glissent pas. Il paraît que les premiers essais n'ont pas réussi puisqu'ils ne les ont pas continués.

Ce sont aussi les Anglais qui, les premiers, ont essayé d'employer le *caoutchouc* (gomme élastique) au pavage des écuries, des allées, des jardins, etc., etc. Ils ont reconnu que ce pavage était excellent pour les écuries, il assure la santé des chevaux, empêche les exhalaisons d'ammoniaque qui s'élèvent de l'urine corrompue, et évite que les animaux se blessent ou se couronnent en s'agenouillant sur la pierre. Les écuries des commissaires du *Dock-yard* à Woolwich sont pavées en caoutchouc. Elles sont dans un état de propreté auquel on ne peut comparer celui d'aucune autre écurie. Les commissaires des bois et forêts ont même fait paver de cette manière la cour d'entrée du château de Windsor destinée aux voitures (*Mining journal*).

Enfin, dans ces derniers temps, on a voulu remplacer par le *bois* tous les matériaux que nous venons de passer en revue. Le pavage au moyen de blocs de bois est connu depuis fort longtemps, mais c'est seulement depuis une dixaine d'années qu'il est employé au pavage des rues. Autrefois on l'employait à l'intérieur des maisons, surtout dans les cours, les écuries, les allées, etc. Les Russes, les premiers, l'employèrent dès 1834 au pavage de quelques rues de St-Pétersbourg. Ce pavage se composait de blocs en bois à six pans ayant 0m,30 de long sur 0m,15 à 0m,20 de large. Après les Russes, vinrent les Anglais, qui, pour éviter le bruit causé par le passage des voitures sur les pavés, cherchèrent à substituer aux chaussées ordinaires, des chaussées produisant moins de bruit. Ils employèrent d'abord, les chaussées établies d'après le système de Mac-Adam, qui, comme on le sait, sont des chaussées en empierrement construites avec beaucoup de soin. Ces chaussées n'ayant pas réussi *pour les rues des villes*, ils en revinrent au *pavages en bois*.

Il nous est impossible de passer en revue tous les systèmes qui ont été proposés jusqu'à ce jour. Nous renverrons pour de plus amples détails au *Bulletin de la Société d'encouragement*, année 1844, nos de janvier et février où se trouve une notice très détaillée sur le pavage en bois.

Nous nous contenterons ici de dire quelques mots sur les modes de pavage qui ont le mieux réussi et qui ont été essayés avec quelques succès en France.

Le sol sur lequel est établi le pavage en bois, doit être tassé bien également dans toutes ses parties, car s'il en était autrement il se formerait des enfoncements qui, rendant la circulation plus difficile, occasionneraient la prompte détérioration du bois.

Suivant M. Hawkins, ingénieur anglais, qui s'est beaucoup occupé de cette question, il faut prendre les précautions suivantes pour obtenir de bons résultats :

1° Le bois doit être pris dans le cœur de l'arbre. Le mélèze et d'autres arbres résineux, fournissent à bon marché de bons matériaux. Les blocs doivent être faits avec du bois sec, et employés aussitôt préparés afin qu'ils ne changent pas de forme ;

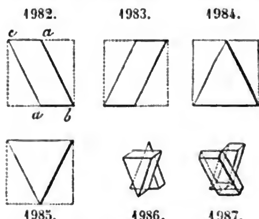
2° Les blocs sont coupés sur un modèle uniforme de manière à s'ajuster exactement les uns aux autres : leur hauteur doit être égale à une fois et demie leur largeur. L'expérience a montrée que la forme qu'il convenait de donner à ces blocs, était celle d'un prisme à six pans, de cette manière chaque bloc est soutenu par les six qui l'entourent ;

3° Les blocs doivent être placés sur un lit solide de cailloux, graviers et autres matériaux durables bien damés et aplatis ;

4° Au moment de placer les blocs il faut étendre sur l'axe de la route ainsi préparée une couche de gravier fin pour faciliter l'ajustement des blocs ;

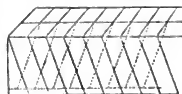
5° Les blocs doivent être disposés de manière à présenter une surface supérieure plane, avant d'être damés, afin que la formation finale du niveau ne dépende pas tant de l'effort de la dame que de l'horizontalité du pavé lui-même.

Le comte de l'Isle a pris le 23 juin 1839, sous le nom de Hogdson, une patente pour un pavage en bois présentant un plan parfaitement horizontal. Les blocs cubiques sont taillés sous une inclinaison de 63°. Pour obtenir cette inclinaison, on divise la surface du bloc en deux parties égales, on y pratique une rainure *a* (fig. 1982), puis on tire une ligne oblique jusqu'en *b* à la base du cube. On divise la base de la même manière que le sommet, puis on tire la ligne de *c* en *d*. On procède de même pour la partie postérieure du cube (fig. 1983) en tirant deux lignes parallèles, mais dans le sens opposé. Quelquefois on donne aux morceaux de bois la forme triangulaire indiquée (fig. 1984 et 1985). Ces blocs sont taillés sous le même angle. Les fig. 1986 et 1987 représentent la manière dont sont disposés les



1982. 1983. 1984. 1985. 1986. 1987.

blocs. La fig. 1988 représente une portion de route pavée d'après ce système. Ce pavage repose sur une couche de sable et de chaux, il est ensuite recouvert d'une couche de ce mélange qui sert à boucher les intervalles qui existent entre les blocs. Ce système est très employé à Londres, où des expériences nombreuses ont démontré qu'il résistait très bien. Dans un quartier de Londres, où ce système de pavage est employé, on a constaté par jour une circulation de 7.000 voitures, pesant de 200 à 500 kilogr., et plus de 1.200 chevaux, sans que le pavage ait bougé.


1988.

Ce système a été essayé à Paris, rue Croix-des-Petits-Champs, rue Richelieu vis-à-vis le Théâtre Fran-

çais, le quai de l'Horloge, aux embarcadères des chemins de fer de Rouen et Orléans, etc., etc. A l'exposition de 1844, MM. Devicque et compagnie ont obtenu une médaille de bronze pour ce mode de pavage qu'ils établissent aux prix suivants :

Pavés de 0^m,10 en sapin du Nord, posés sur sable : le mètre cube. . . . . . 15 francs
— 0^m,08 — — 13 —
— 0^m,06 — — 11 —

Le pavage *mixte* proposé par M. Eug. Philippe se compose de grès, taillés ou non, avec des interstices en bois. Il a été essayé Faubourg Montmartre, vis-à-vis la rue Grange-Batelière.

De tous les systèmes essayés celui qui a donné les meilleurs résultats est le suivant : ce sont des blocs de sapin *a* (fig. 1989), reposant sur une couche épaisse composée de chaux, de ciment et sable. Ces blocs, de forme rhomboïdale, sont réunis par des chevilles de bois passant dans des trous *c*. Ils ont 0^m,18 de haut. Des rainures croisées sont pratiquées à la surface pour empêcher les chevaux de glisser : avant de les poser sur la couche on les réunit par panneaux au moyen de chevilles. Ce pavage revient environ à 16 francs le mètre carré. La fig. 1990 représente une portion de route pavée d'après ce système.

Le pavage en bois comparé aux autres systèmes de pavage, leur paraît préférable sous plusieurs rapports. Il ne produit aucun bruit par le passage des voitures, la boue et la poussière n'y séjournent pas, il diminue considérablement le tirage, puisque suivant des ingénieurs anglais, un cheval traîne sur un pavage en bois une charge équivalente à celle que quatre chevaux traîneraient sur un pavage en grès. Malgré ces avantages, ce mode de pavage n'a pas encore prévalu, à Paris, par exemple, il est essayé dans beaucoup d'endroits mais aucune rue n'est pavée entièrement en bois. Cela tient sans doute à ce qu'il est bien difficile de trouver des bois satisfaisant aux deux conditions suivantes si importantes pour obtenir un bon pavage, *dureté* et *homogénéité* ; de plus, les changements brusques de température détériorent promptement les bois les meilleurs. En employant des bois imprégnés de *substances conservatrices*, on pourrait obtenir de meilleurs résultats. (Voy. l'art. CONSERVATION DES BOIS).

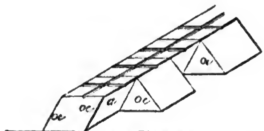
Pour terminer ce qui a rapport au pavage, nous donnons ci-dessous un tableau *synoptique* renfermant les éléments de prix des différentes natures de pavage que l'on peut avoir à faire exécuter. Dans ce tableau ne figurent pas les frais provenant du mouvement des pavés.

NATURE DU PAVAGE.	FOURNITURE.								MAIN-D'OEUVRE.				
	Nombre de pavés.	Prix du 1000	Mortier hydraul.	Prix du mètre.	Grès sable.	Prix du mètre.	Sable fin.	Prix du 1000.	Fouille, préparat. de forme, etc.	Transport des déblais.	Approche d. sabl., pose d. pav., etc.	Entretien.	PRIX TOTAL du mètre carré.
		fr.	mètr.	fr. c.	mèt.	fr. c.	mètr.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1 mètre carré de pavage neuf en pavés neufs de 0^{m}23 de cote, sur forme de sable, avec joints garnis en sable.	16,63	323	»	»	0,23	4 33	0,043	4 88	0 42	0 33	0 43	0 03	11 18
Même pavage, sur forme de sable, avec joints garnis en mortier hydraulique.	16,63	323	0,23	22 42	0,23	4 33	0,01	4 88	0 42	0 33	0 39	0 02	16 36
1 mèt. car de pavage neuf en pavés de *rebut*, forme de sable, joints garnis en sable. .	23,00	mêm	»	»	0,13	4 33	0,043	4 88	0 31	0 27	0 47	0 06	4 89
1 mètre carr. de pavage en pavés refendus. .	»	»	0,04	22 42	0,10	4 33	0,01	4 88	0 19	0 21	0 39	0 10	2 27
1 mètre carr. de blocage en pavés de rebut, avec joints garnis en mortier hydraulique pour fondat. de ruisseaux ou chaussées. .	23,00	mêm	0,03	22 42	»	»	»	»	»	»	9 34	»	1 01
1 mèt. car. de pavage en pavés neufs de 0^m,23, sur fondat. en blocage, avec couche interm. de 0^{m}03 de sable et joints garn. en sable. .	16,63	323	0,03	22 42	»	»	0,073	4 88	0 42	0 33	0 77	0 03	11 33
1 mèt. car. de relevé à bout, en pavés neufs de 0^m,023, forme de sable, joints garn. en sable.	»	»	»	»	mêm	»	0,043	4 88	0 29	0 14	0 36	0 03	1 04
Même travail, forme de sable, joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,023	22 42	mêm	»	0,01	4 88	0 29	0 14	»	»	»
1 mèt. car. de relevé à bout en pavés vieux, sur forme de sable, joints garnis en sable. . .	»	»	»	»	0,23	4 33	0,043	4 88	0 16	0 07	0 36	0 06	1 86
Même travail, forme de sable, joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,03	22 42	0,23	4 33	0,01	4 88	0 16	0 07	0 32	0 10	2 37
1 mèt. car. de relevé à bout en pavés refendus, forme de sable et bain de mortier hydr. .	»	»	0,04	22 42	mêm	»	0,01	4 88	0 16	0 07	0 32	0 10	1 60
1 mèt. car. de relevé à bout de chaussée sur blocage.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1 mèt. car. de repiquage, avec joints garnis en sable.	»	»	»	»	»	»	mêm	»	0 11	0 08	0 41	»	0 60
Même travail, avec joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,023	22 42	»	»	mêm	»	0 11	0 08	0 37	»	1 12
1 mètre carré de soufflages.	»	»	»	»	»	»	mêm	»	»	0 03	0 48	»	0 31
1 mèt. car. de raccordem. exécuté s. conduits d'eau ou de gaz, joints garnis en sable. .	»	»	»	»	0,03	4 33	0,043	4 88	0 01	0 33	0 43	»	2 01
Dépavage { sans transport (grands travaux).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 09
Dépavage { avec transp. à 30^m (*idem*). .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 18

Le carrelage n'est autre chose qu'un pavage fait avec des pavés plats ou *carreaux* de terre cuite, de faïence, de liais, de marbre, etc., employés dans l'intérieur des habitations pour remplacer les pavés en bois.

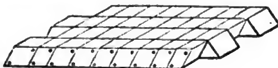
Pour carreler un plancher, on couvre les vides d'une solive à l'autre avec de vieux liteaux de bois qui sont cloués sur ces solives. On a soin de les rapprocher le plus près possible les uns des autres. Sur ces liteaux on pose une couche de mortier de 0^m,03 à 0^m,04 d'épaisseur, et par dessus une couche de poussière, afin de bien niveler la surface. C'est sur cette couche que se placent les carreaux l'un à côté de l'autre, en commençant par un angle afin de les placer en losange. A Paris, les carreaux se posent sur du plâtre. La première

couche de plâtre se place, comme nous l'avons dit pour le mortier; cette couche est ensuite recouverte de poussière, et c'est par dessus ces deux couches que se posent les carreaux. Le plâtre que l'on emploie est délayé



1989.

avec de l'eau dans laquelle on a jeté de la suie et de la poussière bien tamisée. Les carreleurs emploient ces deux substances pour ôter au plâtre sa trop grande force, l'empêcher de se sécher trop vite et de se gonfler ce qui dérangerait les carreaux. Le plâtre est meilleur



1990.

que le mortier pour le carrelage, car quand il a fait prise, le carrelage est excessivement solide; avec le mortier, au contraire, les carreaux se dérangent sous le moindre choc.

Quelquefois on emploie des carreaux en faïence de diverses couleurs.

Le tableau suivant renferme le prix du mètre carré de diverses natures de carrelage (N. B. Les carreaux de liais coûtent 5 fr. 50 c. le mètre carré).

NATURE DU CARRELAGE.		Dimensions des carreaux.	Prix du mille.	Prix du mètre car.	
Carrelage en carreaux de				fr.	c.
Bourgogne à pens. . . .		0m16	50f	3	50
— de Montereau.		Id.	40	2	90
— de Massy.		Id.	35	2	50
— de Paris.	1re qualité.. .	Id.	34	2	40
	2e qualité.. .	Id.	32	2	30
— en carr. carrés d'âtre. .		0,19	68	3	05
— en carr. de liais et marbre.	liais. .	0,325	5f50c le 1m q	9	50
	marb..	0,135	200		
— id. id.	liais. .	0,220	5,50 le 1m q	11	40
	marb..	0,09	160		
— id. id.	liais. .	0,160	5,50 le 1m q	13	15
	marb..	0,07	140		
Décarrelage de grands et petits carreaux. . . .		»	»	0	08

Le dallage, de même que le carrelage, est un pavage dans lequel les pavés sont remplacés par de larges dalles en pierre qui se posent, tantôt sur une couche de sable, tantôt sur une couche de mortier. Dans la pose de ces dalles il faut avoir grand soin de ne pas laisser de vides dessous, car elles pourraient être facilement brisées. Les Romains employèrent les dalles pour la construction de leurs routes, aujourd'hui elles ne sont employées que pour l'établissement des trottoirs des allées. On doit donc choisir une pierre compacte, s'opposant aux infiltrations des eaux et résistant bien aux frottements. Le plus ordinairement elle sont en granit. Autrefois on employait beaucoup les dalles en pierre ou lave de Volvic, mais ce dallage est abandonné maintenant, car il ne résiste pas assez. Depuis quelques années le dallage en asphalte et en bitume (pour son établissement voyez le mot BITUME) se répand beaucoup, il est appelé à remplacer le dallage en granite et celui en lave de Volvic. Quelquefois on emploie des dalles en *fonte*, on a soin alors de pratiquer des rainures à leur surface afin de les rendre moins glissantes.

MM. Moisson et Polonceau ont essayé d'utiliser les laitiers des hauts fourneaux en en formant des dalles que l'on pourrait ensuite employer au dallage. A la dernière exposition on voyait de ces dalles en *lave artificielles;* ces messieurs ont obtenu une mention honorable. Ce mode de dallage doit être essayé à Paris.

Nous donnons ci-dessous le prix du mètre carré de dallage exécuté avec les divers matériaux que nous venons de passer en revue.

NATURE DU DALLAGE.	Épaisseur des dalles.	Prix du mètre carr.
En laves de Volvic.	0m10	43f
Id. Id.	0,07	40
En granit, compris pose et arases en mortier.	0,05	24
Id. Id. (gr. dimension). .	0,05	24
En asphalte (prix moyen) en gr. partie.	»	6f75 à 8f
En bitume Id. Id. . . .	»	4,75 à 6
En dalles hydrofuges p. assainissem.	»	5f

PAVOT. Voyez OPIUM.

PEAUX. Voyez TANNAGE.

PECTINE. ACIDE PECTIQUE. La pectine et l'acide pectique, découverts par Braconnot, forment les principes gélatineux des fruits. En versant de l'alcool dans des sucs de fruits, on en précipite une matière mucilagineuse, soluble dans l'eau : c'est la *pectine*. Si on la fait bouillir avec de l'eau renfermant un peu de carbonate de potasse, il se forme un pectate qui se décompose lorsqu'on y verse un acide minéral, et laisse précipiter une matière gélatineuse qui n'est plus soluble dans l'eau; c'est l'acide pectique. Ordinairement, pour obtenir facilement cet acide, on prend de la pulpe de betterave complètement lavée à l'eau, on la délaie dans six à huit fois son poids d'eau, avec 1/50e de son poids de potasse caustique, et on fait bouillir pendant une demi-heure; on filtre la liqueur bouillante et on peut précipiter l'acide pectique par l'acide hydrochlorique; mais, comme il est alors difficile à laver, on préfère décomposer le pectate de potasse par du chlorure de calcium en dissolution très étendue, laver le pectate de chaux insoluble qui se produit, et le faire bouillir ensuite avec de l'eau aiguisée d'un peu d'acide hydrochlorique, qui s'empare de la chaux et qui met en liberté l'acide pectique, que l'on lave enfin avec un peu d'eau froide. On fait dans quelques hôpitaux avec le pectate de potasse ou de soude, des gelées que l'on aromatise avec un extrait de viande, qui ne nourrissent presque pas, et qui sont très convenables pour satisfaire les malades dont on veut tromper l'appétit désordonné.

PEIGNAGE, PEIGNES. Voyez LIN.

PEIGNE. Outil qui sert à fileter les vis et les écrous. Voyez TOUR.

PEIGNES (*angl.* combs, *all.* kæmme). Ustensile de toilette que l'on fait en bois, en corne, en écaille, en

ivoire, en cuivre ou en fer. La matière première étant débitée suivant la forme que l'on veut donner au peigne, on fait les dents, toutes ensemble, au moyen de scies circulaires parallèles montées sur le même axe et convenablement distancées. Pour des gros peignes, en corne ou écaille, à dents écartées, on se sert quelquefois d'un emporte-pièce qui taille à la fois, dans la pièce, les dents de deux peignes. On termine les dents à la lime.

PEINTURE EN BATIMENTS. La peinture en bâtiments est l'art de couvrir de diverses couleurs la surface du bois, du fer, de la maçonnerie, etc., dans le but de les conserver et d'obtenir des décorations agréables à la vue. Suivant la nature du liquide qui sert à délayer les couleurs, on distingue deux genres de peinture, qui sont la *peinture en détrempe* et la *peinture à l'huile*.

PEINTURE EN DÉTREMPE. C'est la peinture dans laquelle on délaie les couleurs avec de la colle très claire. Ce genre de peinture ne peut évidemment servir pour les objets exposés aux intempéries atmosphériques, aussi n'est-il employé que pour la décoration intérieure, et qui doit n'avoir que peu de durée. La colle qui sert à délayer les couleurs est la *colle de peau*, dite *colle au baquet*, qui est fournie par les fabricants à l'état de gelée tremblante. Elle se fond facilement lorsqu'on la met sur le feu. La couleur en poudre que l'on a mis tremper dans de l'eau est alors mélangée avec la colle.

Les *teintes* ne s'appliquent que sur les *encollages*. Ceux-ci s'obtiennent en délayant 4 parties de blanc d'Espagne bien écrasé dans 6 parties de colle pure; il faut les appliquer chauds. Une chaleur de 35 à 40° suffit pour bien faire pénétrer la couleur; une chaleur plus forte ferait éclater les bois. Les couches doivent être appliquées successivement de moins en moins chaudes, afin de ne pas détremper les couches précédemment appliquées. Il faut avoir soin, avant de peindre, d'enlever toutes les parties grasses en les grattant ou les lessivant à l'eau de potasse, et de couvrir les ferrures d'un vernis qui les empêche de se rouiller et de tacher la peinture à la colle.

PEINTURE A L'HUILE. Cette peinture, ne se laissant pas pénétrer par l'humidité, conserve parfaitement les corps sur lesquels elle est appliquée.

Les premières couches de peinture, tant sur le bois que sur le fer, doivent toujours être faites avec de la *céruse*, autrement dite *blanc de plomb*, de la meilleure qualité; on la broie très fine dans de l'huile de noix ou de lin, soit sur une pierre avec une molette, soit au moyen d'un moulin; le premier procédé est trop long pour de fortes quantités. Quand on veut s'en servir pour peindre des volets, des portes ou des lambris, et des boiseries en sapin ou en autre bois blanc, il est indispensable de détruire l'effet des nœuds, qui en général sont tellement saturés de térébenthine qu'ils donnent le plus grand embarras dans ce procédé. Le meilleur moyen d'obvier à cet inconvénient, consiste à passer la brosse sur ces nœuds avec une composition de céruse délayée dans l'eau et fortifiée par une dissolution de colle-forte; quand cette couche est sèche, on peint les nœuds avec du blanc de plomb à l'huile, auquel on ajoute quelque puissant siccatif, tel que du minium ou de la litharge, un quart environ de ce dernier. On applique cette peinture uniformément, et en ayant soin de suivre la direction du grain.

Quand la dernière couche est sèche, on l'égalise avec de la pierre ponce; on donne alors la première couche de peinture à l'huile; cette couche étant suffisamment sèche, on bouche soigneusement les trous des clous, et on masque les autres défauts de la surface avec une composition d'huile et de blanc d'Espagne, appelée *mastic*.

On donne ensuite une nouvelle couche avec de la peinture composée de céruse délayée dans l'huile, et à laquelle on a ajouté un peu d'essence de térébenthine pour en augmenter la fluidité; il faut mettre trois ou quatre couches successives si on veut obtenir un beau blanc ou une couleur de pierre; dans le dernier cas, on y ajoute un peu de noir de fumée ou de noir d'ivoire. Si l'on voulait obtenir une autre couleur, telle que grise, verte, etc., il serait nécessaire d'ajouter cette couleur après la troisième couche, surtout si la couleur doit être d'un blanc mat, gris ou fauve.

Les bois se conservent surtout parce qu'ils absorbent l'huile, et que celle-ci se sèche. Sur les métaux, qui ne peuvent absorber, il faut préparer les couleurs à l'essence; celle-ci s'évapore bientôt, tandis que l'huile ne sécherait que très difficilement.

Les conditions auxquelles on doit satisfaire dans l'exécution des peintures à l'huile, vernies quand elles sont sèches, sont parfaitement résumées dans le mémoire qu'a publié M. Tripier-Deveaux, *sur les dangers qui menacent les peintures vernies*, qui indique toutes les conditions auxquelles on doit satisfaire dans son exécution. Nous le donnons ici dans son entier.

« Les causes qui concourent à la destruction plus ou moins rapide, suivant leur exposition au soleil, des peintures vernies d'extérieurs, sont au nombre de trois : 1° l'humidité des plâtres ou du bois; 2° la préparation vicieuse des enduits ou des couches de teintes; 3° enfin, la mauvaise qualité des vernis. Nous croyons utile de faire connaître à quels signes on peut les distinguer les unes des autres dans les divers accidents, le *cloquage*, le *faïençage*, le *gerçage* et le *rodage*, comme on les appelle en termes d'atelier, qui manifestent l'altération de ces peintures, d'expliquer comment et pourquoi ces accidents arrivent, et d'indiquer les moyens de s'en garantir. Pour remplir notre tâche plus facilement, nous formerons trois catégories de peintures : dans la première, nous classerons celles qui, bien préparées, ont été appliquées sur des plâtres ou des boiseries encore humides; dans la deuxième, celles qui, mal préparées, ont été appliquées sur des fonds bien secs; la troisième, enfin, celles qui, bien préparées et appliquées sur un un fond bien sec, ont été recouvertes d'un vernis de mauvaise qualité. De l'observation attentive de ce qui se passera dans chacune d'elles, ressortira, nous l'espérons, la solution du problème tel que nous venons de le poser, et, persuadés que nous sommes qu'il est facile de suppléer à ce que cet exposé peut avoir d'incomplet, nous entrons de suite en matière.

« *Première catégorie*. Lorsqu'une peinture vernie se bombe, se boursouffle ou *cloque*, se casse et tombe en écailles, sans entraîner avec elle aucune parcelle du fond, et laisser sur lui aucune trace de sa présence, on peut dire de suite que le fond n'était pas bien sec, et que le vernis dont on a recouvert la peinture n'a fait que précipiter sa destruction en bouchant tous les pores, en enlevant ainsi à l'humidité toute chance d'évaporation.

« *Deuxième catégorie*. Les accidents qui résultent de la préparation vicieuse de l'enduit ou des couches de teintes, sont moins connus, plus difficiles à expliquer et à constater. Ils ne sont pourtant que les conséquences inévitables de l'application fausse que l'on fait de cet axiome : *Que la peinture est d'autant plus solide à l'air, qu'elle contient plus d'huile*, ou, en d'autres termes, de la croyance erronée où l'on paraît être que la peinture à l'huile, qu'on doit vernir presque aussitôt qu'elle sera terminée, peut être traitée comme celle qu'on ne destine pas à être vernie, ou qui ne le sera qu'après quinze ou dix-huit mois, quand elle sera bien sèche, comme on a coutume de le faire pour les tableaux de prix. On ne réfléchit pas que le peintre en bâtiment ne peut point attendre l'époque de la dessiccation complète de son ouvrage, et de là tous les accidents que nous allons signaler.

« Supposons que, sur un fond bien sec, on ait appli-

qué trois couches (une d'enduit et deux de teintes, car, pour la peinture en bâtiments, il faut au moins trois couches de couleur préparées toutes trois avec une proportion trop forte d'huile de lin ordinaire), et que, pour faire sécher plus vite, on ait ajouté une forte dose d'huile siccative du commerce, bien qu'à la rigueur il suffirait d'une seule couche ainsi préparée pour donner lieu aux accidents que nous voulons expliquer; car, disons-le de suite, l'huile grasse ne sèche jamais; une couche qui contient beaucoup d'huile ordinaire, sèche difficilement; pour hâter sa dessiccation, si l'on y ajoute une forte dose d'huile grasse, elle ne séchera plus, c'est-à-dire que sous la peau, qui se formera d'autant plus vite à la surface qu'on aura ajouté plus d'huile grasse, il restera dans l'épaisseur de la couche des parties liquides soustraites ainsi à l'action de l'air, et par conséquent hors d'état de se solidifier (car c'est ainsi qu'on doit entendre cette expression : *L'huile grasse ne sèche jamais*). Si, cependant, sur une couche en cet état, qu'on croit sèche, parce qu'elle ne colle plus au doigt, mais qui ne l'est pas à fond, comme nous venons de le voir, on se hâte d'en appliquer une seconde de la même nature, qui augmentera la difficulté que la précédente éprouve déjà à sécher, mais dans laquelle seconde couche les mêmes causes produiront encore les mêmes effets, c'est-à-dire une pellicule extérieure et des parties liquides intérieures; sur celle-ci si on en applique une troisième, toujours de la même nature, on aura en définitive une épaisseur totale de trois couches de couleurs composées chacune de pellicules mollasses et de parties liquides.— Ce n'est pas tout, on y applique souvent un décor fait aussi à l'huile grasse, et dans les épaisseurs duquel se rencontreront encore des parties liquides, et l'on vernit le tout aussitôt que cette peinture a perdu toute puissance, toute adhérence au doigt, aussitôt enfin qu'elle est réputée sèche.

« Voyons maintenant ce qui va se passer dans une pareille peinture exposée au midi à l'action constante du soleil. L'épiderme résineux aura bien vite acquis toute sa dureté. Mais la chaleur qui fait durcir rapidement le vernis produit d'abord un effet contraire sur les couches de la peinture composées, comme nous venons de le faire voir, de pellicules mollasses et de parties liquides. Les pellicules s'amolliront davantage, les parties liquides se dilateront, et ne pouvant s'échapper à travers les pellicules qui les contiennent, elles soulèveront chacune en forme de boules ou vessies les couches qui leur sont superposées. Si l'action solaire est suffisante pour durcir complétement la peinture en cet état de soulèvement, on a ce qu'on appelle des *cloques*; si cette action a été insuffisante, les parties dilatées par la chaleur pendant le jour se contracteront par le refroidissement de la nuit, et tout soulèvement disparaîtra. Mais le lendemain, mais les jours suivants, les mêmes causes se renouvelant et reproduisant chaque jour les mêmes effets, de ces deux actions contraires et alternatives de la chaleur et du froid, soulèvement et abaissement quotidiens de couches qui durciront chaque jour davantage, résultera bientôt le brisement, le cassement de ces couches en plaques plus ou moins grandes, plus ou moins régulières, et le liquide surabondant s'échappera à la faveur des issues qui lui sont offertes. — Si ces petites plaques, plus ou moins dilatées ou sèches au moment où la peinture se casse, retombent sur le fond, auquel elles s'attacheront par leurs parois intérieures encore gluantes, s'y fixent solidement et continuent d'y former une surface unie brillante, quoique brisée, on a ce qu'on appelle *faïençage*. Mais si, après ce brisement, et avant d'être fixées sur le fond, ces petites plaques, par un abaissement trop brusque, trop grand de la température, éprouvent un retrait considérable, et, glissant sur le fond, se racornissent ou se fendillent, et si en cet état elles cessent de former une surface unie, le vernis lui-même, cassé, fendillé avec la peinture qui lui sert d'appui, perdra son brillant, et l'on aura ce qu'on appelle *ridage* ou *gerçage*.—Les petits fossés qui séparent ces plaques les unes des autres seront d'autant plus larges, que la différence des températures opposées aura été plus grande, et le passage de l'une à l'autre plus brusque, et d'autant plus profonds que les parties liquides, véritables causes des accidents, auront été situées dans l'épaisseur de la peinture plus près des plâtres ou des bois qu'elle recouvrait.

« *Troisième catégorie.* Sur une peinture bien faite, comme nous le dirons tout à l'heure, les accidents qui résulteront de la mauvaise qualité des vernis n'auront point la gravité de ceux qui, nous venons de le voir, tiennent à l'humidité du fond ou à la préparation vicieuse des couches de teintes; c'est une peinture tout entière à recommencer dans ces deux premiers cas; car, dans le troisième, et c'est celui qui va nous occuper, il s'agira tout simplement d'enlever le vernis détérioré qui masque la peinture, et de le remplacer par un autre meilleur, pour rendre aux couleurs toute leur vivacité et tout leur éclat. En effet, un vernis de basse qualité blanchira, perdra vite sa transparence : un vernis trop corsé, trop poussé en siccatif, parce qu'il retombe dans la catégorie des couches de teintes qui contiennent trop d'huile grasse, cassera et par suite faïencera ou gercera, mais ne cloquera jamais, par la raison que, n'étant recouvert par rien, il finira toujours par sécher, par durcir à fond. Un léger frottement avec de la pierre ponce en poudre, un chiffon et de l'eau suffira pour enlever le vernis blanchi ou cassé, et le fond, ainsi débarrassé de la couche qui l'obscurcissait, reprendra toute sa beauté première sous une nouvelle application d'un vernis qu'il faudra seulement choisir meilleur que le premier. La préparation du VERNIS étant traitée avec détails dans un article séparé, il ne nous reste à donner ici que la méthode de préparer les peintures à vernir, de manière à éviter tous les inconvénients signalés ci dessus.

Manière de préparer les peintures à vernir.

« 1° Sur les plâtres ou les bois bien secs, les enduits doivent être mêlés d'une forte dose de litharge et de blanc de céruse, et, pour plus de sécurité, doivent avoir été appliqués longtemps avant les couches de teintes.

« Cette première couche étant destinée à prendre pied plutôt qu'à donner le ton de la couleur qu'on recherche, il n'y a pas d'inconvénient à lui donner un peu plus de liquidité qu'aux suivantes, et même, si on l'applique sur un plâtre neuf ou un bois, qui n'est pas bien sec, on aura toujours raison de l'employer bouillante, elle pénétrera mieux et fera mieux corps avec le fond.

« 2° Les couches de teintes broyées à l'huile, ou mieux encore avec moitié huile et moitié essence de térébenthine, doivent être détrempées avec de l'essence pure. Ainsi préparées, la première sera vite en état de recevoir la seconde, et celle-ci le décor ou le vernis. L'addition d'une petite dose d'huile siccative incolore, pour ne pas salir les couleurs, les ferait sécher et durcir plus promptement encore.

« 3° Sur ce fond bien sec, le décor, si on veut en appliquer un, doit être préparé, non pas avec l'huile grasse du commerce, qui forme toujours peau, c'est-à-dire qui trompe en faisant paraître sèche à l'extérieur une couche encore liquide à l'intérieur, comme il est facile de s'en convaincre en creusant avec l'ongle ou avec un canif la pellicule, qui ne manque jamais de se produire, mais avec une huile siccative qui ne présente aucun des inconvénients qu'on reproche à l'huile grasse ordinaire.

« 4° Un bon vernis, sur un fond ainsi préparé et bien sec, ne saurait occasionner aucun accident; en effet, le fond est également sec et dur partout, il ne contient

nulle part dans son épaisseur des parties molles ou liquides, il n'y aura donc pas de dilatation, et par conséquent, pas de soulèvement en une place plutôt que dans une autre de sa surface, il est donc parfaitement à l'abri des dangers que nous avons signalés et expliqués ci-dessus.

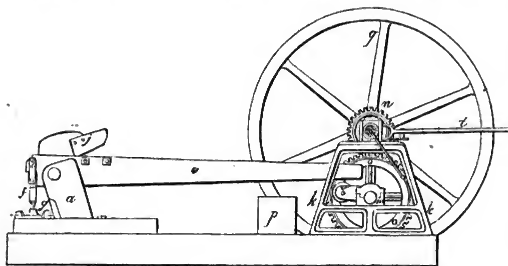
« 5° Mais il faut y appliquer un vernis excellent, car, avec un vernis de basse qualité, c'est-à-dire promptement effacé, usé, blanchi, le fond resterait bientôt exposé à nu aux frottements, aux coups qu'il pourrait recevoir, ne saurait y résister, et ne tarderait pas à tomber en poussière. »

PEINTURE EN COULEURS VITRIFIABLES. Voyez POTERIE et VERRE.

PENDULE CONIQUE. Le pendule conique dans son emploi pour la MACHINE A VAPEUR ayant été étudié en détail à cet article, nous n'avons pas à y revenir ici. Nous rappellerons seulement qu'en 1842, M. Chaussenot a proposé l'emploi du pendule conique pour indiquer la vitesse sur les chemins de fer; cette idée n'a pas encore été réalisée, elle n'est pas sans intérêt; ne pourrait-on pas, par exemple, faire servir le pendule conique à accroître la détente avec la vitesse, par une disposition analogue à celle employée par M. Farcot, et permettre ainsi de ramener la consommation de combustible à un minimum.

PERCER. L'action de percer un trou dans une matière quelconque s'exécute, soit par incision au moyen d'emporte-pièces (voyez DÉCOUPOIR), soit par pression au moyen d'un poinçon pointu, soit par arrachement au moyen d'un poinçon cylindrique à rebords acérés, comme dans les machines à percer la tôle, soit enfin par pression et rotation à la fois au moyen d'outils divers, tels que mèches, forets, tarières, etc.

Lorsque la matière est très dure, très tenace et d'une faible épaisseur, comme le sont les feuilles de tôle ou de cuivre laminé employées dans la chaudronnerie, on se sert d'un poinçon cylindrique à bords acérés, agissant en porte à faux et par arrachement, fixé au bras le plus court d'un levier, que l'on met en connexion avec un volant, toutes les fois qu'il s'agit d'une machine importante destinée à faire un grand nombre de trous en peu de temps. La fig. 1991 donne l'élévation d'une machine de ce genre, employée à Chaillot, pour percer les trous

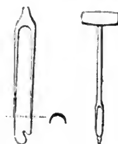


1991.

des rivets dans la tôle des chaudières à vapeur et des coques de bateaux à vapeur. Cette machine a l'avantage d'ébarber les feuilles à l'aide de la petite cisaille supérieure *j*, en même temps que le poinçon *f* fait le trou en pressant sur la matrice *g*; *g*, est un volant qui reçoit d'une machine à vapeur, ou de toute autre manière, un mouvement de rotation continu; sur l'arbre du volant se trouve une roue *n*, qui y est fixée par un manchon d'embrayage mû par le levier *t*; cette roue *n* engrène avec une autre roue dentée *o*, montée sur un axe *m* fixé sur le même bâti que celui du volant; un galet *v*, fixé à l'extrémité d'une manivelle montée sur l'arbre *m*, soulève le levier *c*, qui tourne autour d'un fort boulon situé sur le patin *a*; en *f* est une glissière qui sert à diriger le poinçon dans son mouvement vertical; des brides articulées *i*, *i*, relèvent le poinçon quand le levier *c*, abandonné par le galet *v*, vient retomber sur le support *p*.

Enfin, plus récemment, M. Cavé a appliqué aux machines à percer les tôles le principe fécond de l'application directe de la vapeur, principe qu'il a également appliqué avec le plus grand succès aux machines à cisailler, à cintrer et à river, comme il a été décrit à l'article CHAUDRONNERIE, page 698, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Lorsqu'il s'agit de percer des pièces épaisses d'une matière assez résistante, mais néanmoins peu dure, comme le bois, on emploie des vrilles, des tarières ou des mèches. Les *vrilles* et les *tarières* ne diffèrent que par leur grandeur; ce sont des mèches emmanchées à angle droit au milieu d'un levier (figure 1992), qui, dans les tarières, est assez grand pour qu'on puisse le manœuvrer à deux mains.


1993. 1992.

Nous avons déjà parlé des *mèches* dans un article spécial, ce qui nous dispense d'y revenir ici; nous rappelerons seulement que les principales sont les *mèches à cuiller* (fig. 1993), qui doivent être employées dans le bois debout, et les *mèches anglaises* (fig. 1994) ou mèches à trois pointes, qui sont particulièrement appropriées au bois de fil.

On emmanche très souvent les mèches, et même quelquefois les forets, à l'une des extrémités d'un vilebrequin (fig. 1995), sorte d'arbre coudé dont la manivelle ou poignée est verticale, et dont l'autre extrémité porte un trou conique dans lequel on introduit une pointe sur laquelle on exerce une pression qui se transmet à l'outil, comme l'indique la figure. Quelquefois cette partie est terminée par une pointe saillante; l'ouvrier place alors sur sa poitrine une plaque en bois ou en fer, dite *conscience*, et dans laquelle se trouvent de petites cavités, l'appuie sur la pointe et exerce ainsi une pression sur l'outil.

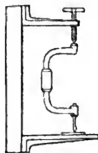
Dans les ateliers de construction, on exerce toujours la pression sur le vilebrequin au moyen d'une vis verti-

cale pointue, que l'on tourne pour faire descendre l'outil à mesure que le trou s'avance; la fig. 1996 représente une machine à la main de ce genre, d'un usage très commode. Elle est employée dans plusieurs ateliers, et se place à demeure sur les établis, près des étaux sur lesquels les ouvriers fixent les pièces où ils veulent percer des trous; le centre du trou étant déterminé à l'avance par un coup de pointeau, on serre la pièce dans l'étau et, au moyen d'un fil à plomb, d'équerres, etc., on la place de manière à rendre verticale la direction du trou que l'on veut obtenir; cela fait, on amène la pointe à vis au-dessus du trou de pointeau, on détermine sa position exacte au moyen du pointeau, et on commence l'opération en mettant la pointe de la meche ou du foret dans le coup de pointeau, et le trou du vilebrequin dans la pointe à vis; on fait tourner l'outil, et on le descend au fur et à mesure en faisant tourner la vis.



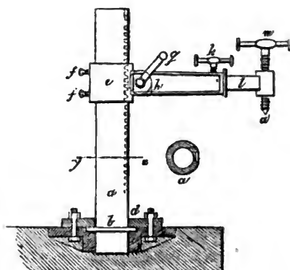
1994.

La machine est disposée de manière à pouvoir amener la pointe *a'* dans une position quelconque. A cet effet, l'arbre *a*, tourné parfaitement cylindrique, porte une embase *b*, au moyen de laquelle il s'appuie sur la base *c*, alésée intérieurement; une pièce annulaire *d* recouvre l'embase, et est fixée par des boulons à la base *c*: en desserrant ces boulons, il devient facile de faire tourner l'arbre *a* sur lui-même et de faire décrire un cercle au point *a'*; *c*, est une pièce en fonte, alésée intérieurement, et pouvant glisser tout le long de l'arbre *a*; *f, f*, vis de pression qui servent à fixer la pièce *e*; *g*, manivelle que l'on fait tourner quand on a desserré les vis *f*. Elle est fixée sur l'arbre d'un pignon *h*, placé dans l'intérieur de la pièce *e*, et engrenant avec une crémaillère verticale située le long de l'arbre *a*. En tournant cette manivelle on fait monter ou baisser la pointe *a'*, et quand elle est dans la position convenable on serre les vis *f, f*. *l*, pièce en fer glissant dans une coulisse horizontale pratiquée dans la pièce *e*; son extrémité est taraudée pour recevoir la vis *m*. En desserrant la vis *k*, la pièce *l* devient libre, et la pointe *a'* peut s'avancer et reculer horizontalement dans le sens de la longueur de la pièce *e*.


1995.

Il est facile de comprendre qu'en faisant tourner l'arbre *a* et avancer la pièce *l*, de quantités convenables, on amène la pointe *a'* également au-dessus du centre des trous à percer. Si on a plusieurs trous parallèles à faire on ne dérange pas la pièce, on varie simplement la position de la pointe *a'*, ce qui se fait très rapidement. Si cette pointe était fixée comme cela a lieu dans plusieurs machines à percer à la main, il faudrait, pour chaque trou, déranger la pièce et la remettre de niveau, ce qui serait infiniment plus long.

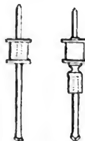
Les *forets* (fig. 1997), dont il a été traité dans un article spécial, remplacent les mèches qui n'offriraient pas



1996.

une solidité suffisante lorsqu'il s'agit de percer des corps très durs, tels que l'ivoire et tous les métaux. On les meut également, soit au moyen d'un vilebrequin, soit souvent, pour des trous de très faible dimension, au moyen d'un *archet* ou *arçon* (fig. 1998), qui sert à imprimer à l'outil un mouvement de rotation alternatif très rapide.

Le perçage à la main ne s'emploie dans les ateliers que pour des trous de petites dimensions, et des pièces


1997.


1998.

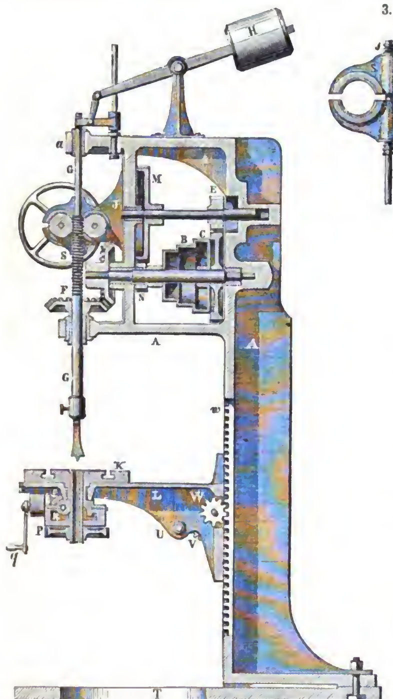
qu'il est plus commode de placer sur des étaux que sur des machines. Dès que le nombre des trous à percer devient un peu considérable, surtout pour le travail des métaux, il est indispensable, si on veut travailler avec économie, d'employer des machines à percer mues par un moteur moins coûteux et plus puissant que l'homme, et qui opèrent avec célérité et économie.

Ces machines se composent, en général, d'un arbre vertical maintenu dans des coussinets, et à l'extrémité inférieure duquel on place le foret. Cet arbre, outre le mouvement de rotation, peut encore marcher dans le sens de sa longueur. La pression sur le foret est déterminée d'ordinaire par des contre-poids fixés à l'extrémité de leviers, que l'on peut allonger ou raccourcir afin de faire varier la pression. D'autres fois, le mouvement descentionnel est déterminé par un système de vis et d'engrenages analogue à celui que nous avons décrit à l'occasion des ALÉSOIRS. Les pièces à percer sont fixées sur un plateau horizontal au moyen de boulons et d'écrous; si l'on doit y pratiquer plusieurs trous, il faut changer leur position sur le plateau. Il existe, dans quelques ateliers, des machines à percer analogues.

quant au principe, à la machine à percer à la main que nous avons décrite. Le foret peut se transporter sur tous les points d'un cercle d'un rayon assez considérable, et percer des trous parallèles sur une même pièce sans qu'il soit nécessaire de la déranger. Ces machines fonctionnent bien, sont d'un usage commode, et doivent être employées dans tout atelier où on aura beaucoup de trous à percer, et où l'on est désireux de réunir toutes les conditions d'une bonne exécution et d'une fabrication économique. Quelquefois l'arbre porte-lames est fixe et les pièces sont placées sur un chariot mobile dans deux directions perpendiculaires.

châssis T, qui doit reposer solidement, et sans être assemblé, sur le sol de l'atelier.

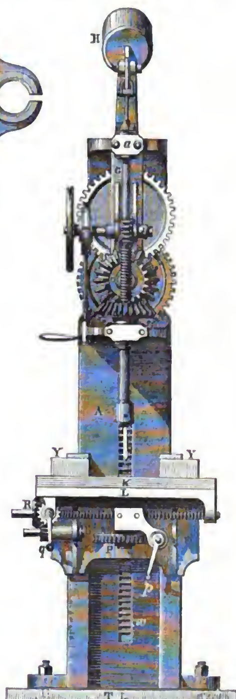
A la partie supérieure le bâti principal est double afin de porter les extrémités extérieures de l'axe *b*, qui reçoit le mouvement, et de guider la marche de l'outil. L'axe *b* porte le cône moteur B à trois vitesses, la roue dentée C et la roue d'angle D. Le cône moteur est libre sur l'arbre et lui communique le mouvement au moyen de la roue dentée C, qui est assemblée sur l'axe, et avec lequel il *peut être assemblé* par un boulon et un écrou. Cette roue engrène avec le pignon E monté sur le même axe qui porte la roue M; celle-ci, à son



1.

3.





2.

Machine à percer de MM. Whitworth et C°, de Manchester. La fig. 1 est une coupe verticale dans le plan de l'axe du cône moteur; la fig. 2 une vue de face de la machine. A A est le bâti en fonte qui supporte toutes les parties de la machine qui se meuvent, ainsi que la plate-forme. Ce bâti, formé d'une seule pièce de fonte, est fixé par trois forts boulons sur le

tour, engrène avec le pignon N, qui est attaché vers le haut du cône B, mais qui est libre sur l'axe *b*.

Cet arrangement est en tous points le même que le système accélérateur ordinaire d'un tour, et produit au même effet. Supposons qu'il n'agisse pas, le cône, entraîné par sa courroie, fait tourner l'axe *b* à cause de son adhérence à la roue C, et en même temps met en

mouvement le foret G G, qui peut glisser verticalement lorsqu'on agit comme nous allons le voir. Trois degrés différents de vitesse peuvent être imprimés au foret selon qu'on place la courroie motrice sur un des trois diamètres du cône. Mais que les roues supérieures soient engrenées comme il est représenté dans le dessin, le cône n'étant plus lié à la roue C, le mouvement qui lui sera communiqué n'entraînera plus directement l'arbre b, mais le pignon N, fixé sur lui, mettra en mouvement la roue M sur le même axe que le pignon E. Ce dernier fera, par conséquent, le même nombre de révolutions que M, mais, étant d'un diamètre plus petit, fournira une vitesse proportionnellement moins grande à la roue C, avec laquelle elle engrène, et qu'elle fait par suite tourner avec une vitesse diminuée dans le rapport des rayons des roues d'engrenage. La roue C étant fixée sur l'arbre b, imprime au pignon D la même vitesse diminuée, et celle-ci au porte-foret G G, qui est libre de glisser verticalement dans l'œil de la roue F sans pouvoir tourner indépendamment de celle-ci. Cette vitesse réduite peut, bien entendu, être également variée en plaçant la courroie sur une poulie quelconque du cône à vitesse. Derrière le pignon E il y a une cavité dans le bâti pour le laisser entrer quand les roues retardatrices sont désengrenées, et on peut remarquer que cet engrenage de vitesse ne doit être mis en mouvement que quand la machine est employée pour percer des trous de plus d'un pouce et demi de diamètre.

La roue F est fondue avec une longue saillie creuse qui est adaptée à un collier de cuivre dans la branche inférieure du support; ce collier est maintenu par un chapeau assemblé avec lui.

Comme on l'a déjà observé, le porte-foret passe à travers la roue F, qui lui sert ainsi de guide inférieur. L'extrémité supérieure de l'axe est en même temps guidée par un collier ajusté de la même manière dans la branche supérieure du support A, et est ainsi guidé verticalement en montant et en descendant.

Au bout du foret est attaché le contre-poids H par un levier à articulations qui entraîne une traverse glissant sur un guide vertical et assemblé par un écrou avec le bâti A.

Le porte-foret est taillé en vis sans fin vers le milieu de sa longueur; il engrène avec deux roues J J entre lesquelles il tourne, et qui remplissent la fonction d'écrou pour aider le foret dans l'action de percer par une disposition qu'on décrira plus tard.

K est la plate-forme sur laquelle repose la pièce qu'il s'agit de percer, et à laquelle elle peut être adaptée solidement par des boulons à tête. La plate-forme porte des rainures pour retenir les têtes des boulons qui maintiennent la pièce à percer. Quand la surface de la pièce est beaucoup plus petite que celle de la table, la tête du boulon peut être introduite sur quelque endroit de la surface que l'on veut par les creux K K, qui forment deux séries de rainures en queues d'aronde à angle droit l'une sur l'autre. La table est elle-même portée par un grand support, qui est fortifiée en dessous par deux grosses nervures. Le support est attaché au bâti A A par deux pièces glissantes à recouvrement Y, qui sont boulonnées sur la table, et qui, dressées avec soin, s'appliquent sur les faces inclinées du bâti. Ces faces sont rabotées là où elles rencontrent les faces obliques des pièces glissantes. Par ce moyen, on obtient un assemblage qui ne permet que le mouvement vertical. Quand les glissières s'usent par le frottement, elles peuvent être resserrées par des vis. Le support est élevé et abaissé par une manivelle à l'aide de laquelle on fait tourner le pignon U. Ce pignon engrène avec la roue dentée ajustée sur le même axe que le pignon W, qui engrène à son tour avec la crémaillère ajustée dans le bâti A A de la machine, de manière à en former partie intégrante. En tournant la manivelle, il est évident que le mouvement sera transmis au support, qui s'élèvera ou s'abaissera suivant la direction dans laquelle on tournera la manivelle. La table K a un double mouvement sur le support; l'un circulaire et l'autre dans la direction de la longueur de la table. Le mouvement circulaire est effectué par une manivelle p supportée dans un support formé sur la boîte X, qui devient ainsi un centre de rotation. Sur son axe il y a un filet qui, engrenant avec la roue horizontale P assemblée sur l'axe central de la table K, communique le mouvement de la manivelle p à la table.

Il est à remarquer que l'axe sur lequel la roue P est fixée est fondu creux et est ajusté à la table par une clef.

Le mouvement latéral de la table est effectué d'une autre manière.

Un creux de la forme d'un parallélogramme est réservé dans le support L, avec des nervures saillantes e, e de côté, pour servir dans le double but de donner de la force à la plate-forme et de former des guides contre lesquelles le coussinet de la boîte mobile X puisse glisser, les surfaces en contact étant rabotées à cet effet. Le mouvement est communiqué par la manivelle q située sur l'axe qui porte la roue d'angle Q. Cet axe a ses supports attachés au support L, et engrène avec la roue R, adaptée au bout d'une vis qui tourne dans des coussinets assemblés à la plate-forme. En tournant la manivelle q, il est évident que la pièce qui sert d'écrou sur la vis d sera entraînée dans la direction de la longueur de la vis; mais l'écrou étant attaché à la table, le tout s'ébranlera simultanément dans cette direction. A l'aide de ces deux mouvements, tout point de la table K, tout objet peut être amené exactement sous l'axe du foret, et, à l'aide du mouvement vertical du support, à la hauteur convenable.

Il nous reste à expliquer le mode d'action des roues dentées qui agissent pour faire descendre le foret, qui est extrêmement ingénieux. Sur les axes de ces roues sont placées deux poulies dont les circonférences sont entourées de deux colliers à frottement s s (fig. 3). Le porte-foret taillé en vis étant mis en mouvement, les roues J J ne peuvent être en repos sans produire l'effet d'un écrou fixe, qui le force à descendre d'un pas par chaque tour. Cet effet de produire une pression convenable, sans danger de briser les pièces, est produit en rapprochant les colliers à frottement, qui s'éloignent ou se rapprochent suivant qu'on fait tourner dans un sens ou dans l'autre un petit volant que l'on conduit à la main, et l'on produit ainsi, sans effort, une pression considérable du foret, s'il est nécessaire. Le contre-poids relève celui-ci aussitôt que cesse l'action dont nous venons de parler.

PERLES. Les perles sont produites par quelques espèces de mollusques bivalves, qui sont sujets à une sorte de maladie causée par l'introduction de corps étrangers dans l'intérieur de leur coquille : la substance nacrée, au lieu de s'étendre en couches sur la coquille, enveloppe alors ces substances pour mettre leur corps à l'abri des irritations qu'elles produisent. La perle est formée de couches concentriques autour d'un noyau central, qui est le corps étranger, origine de sa formation : sa substance est de même nature que la nacre et essentiellement composée de carbonate de chaux.

Ce sont principalement les espèces de mollusques les plus riches en NACRE qui produisent les perles : les plus estimées viennent de Ceylan et d'Olmutz, dans le golfe Persique, où leur pêche donne lieu à un commerce assez important. Les Orientaux les prisent à l'égal des pierres genunes les plus chères; en Europe, elles sont beaucoup moins recherchées, et leur prix est beaucoup moins élevé. Pour être estimées, les perles doivent être grosses, sphériques, et réfléchir la lumière en la décomposant avec une grande vivacité.

PERSPECTIVE ISOMÉTRIQUE.

PERLES ARTIFICIELLES. On donne ce nom à de petits globules en verre mince, percés de deux trous opposés à l'aide desquels on peut les enfiler, lorsqu'on les a préparés de manière à ce qu'ils puissent imiter les concrétions arrondies, brillantes et irisées des *perles orientales* que fournissent certaines coquilles bivalves. Ces globules se soufflent très minces à la lampe avec des verres blancs bleuâtres opalins; on y introduit une goutte d'ESSENCE D'ORIENT, qu'on prépare, comme nous l'avons vu, avec des écailles d'ablette et de l'ammoniaque, et on fait sécher doucement pour faciliter la volatilisation de l'ammoniaque; enfin, pour donner plus de solidité aux globules, on en remplit ordinairement l'intérieur avec de la cire.

Les grains de verroterie employés pour colliers, chapelets, etc., se font d'une manière toute différente. On prend des tubes en verre blanc laiteux, simple ou doublé en rouge, bleu, etc., selon qu'il s'agit d'obtenir des grains blancs ou colorés; ces tubes, analogues aux tiges de thermomètres, et d'un diamètre proportionné à celui des grains que l'on veut obtenir, sont coupés par paquets en cylindres d'une hauteur égale à leur diamètre; on introduit ensuite ces petits cylindres, avec un mélange de plâtre et de graphite, ou de charbon de bois pulvérisé et d'argile, dans un tambour pyriforme en cuivre ou en fer battu traversé par un axe en fer, et que l'on place ensuite au-dessus d'un foyer dans un fourneau convenablement disposé. On imprime au tambour un mouvement de rotation continu; les cylindres de verre se ramollissent par l'effet de la chaleur, et prennent peu à peu, par le frottement, une forme sphérique : les substances pulvérulentes que l'on a introduites dans le tambour empêchent les globules de verre de se souder les uns aux autres. Lorsque l'opération est terminée, on retire le tambour du fourneau au moyen d'une petite grue à volée mobile; on laisse refroidir, et on sépare par le tamisage les matières pulvérulentes.

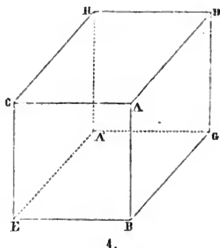
PERSPECTIVE ISOMÉTRIQUE. Nous ne voulons pas parler dans cet article des règles de la perspective telle qu'elle s'emploie ordinairement dans les arts du dessin, ni des méthodes de projection à l'aide desquelles on représente les objets, les machines notamment à l'aide de plusieurs plans de projection convenablement choisis. Nous avons dit quelques mots de ces méthodes dans l'INTRODUCTION. Nous voulons seulement exposer ici un nouveau système de représentation inventé en Angleterre par le professeur Farish, qui a pour but de présenter une vue satisfaisante d'un objet, tout en permettant de retrouver sur ce même dessin ses dimensions dans tous les sens. (Nous empruntons à M. Tom Richard, telle qu'il l'a donnée dans un recueil industriel, l'exposition de cette méthode.)

« Au premier aperçu, dit-il, on pourrait croire que la meilleure méthode consisterait, en faisant occuper à l'œil une position invariable, à tracer sur une vitre ou sur une feuille de papier qui la recouvrirait tous les traits suivant lesquels l'œil apercevrait les différentes arêtes de l'objet à représenter; mais pour peu que l'on y réfléchisse, on reconnaît bientôt que l'on n'obtiendrait ainsi qu'une solution très imparfaite; deux objets de la même grandeur, en réalité, seraient représentés sous des grandeurs tout à fait différentes selon leur degré d'éloignement; une fenêtre placée ici sera plus grande qu'une maison entière qui sera située là-bas; la première sera indiquée avec tous ses détails; celles de la maison, plus éloignées, ne seront accusées que par une image à peine visible; aucune mesure ne pourra être prise sur un pareil dessin; ce ne sera qu'une œuvre d'art, absolument nulle au point de vue de la réalisation matérielle de l'objet représenté par le dessin; la perspective vraie ne saurait donc à cet égard convenir.

« Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à remplacer cette perspective vraie par la perspective cavalière, qui n'est autre chose qu'une projection oblique faite sur un plan parallèle, le plus souvent, à une des faces principales de l'objet. Le dessin alors représente l'objet tel que le verrait celui qui serait placé immensément loin, mais ici encore, malgré le parallélisme dans le dessin des différentes projections des lignes parallèles dans l'espace, les dimensions sont altérées, celles-ci plus, celles-là moins, de manière qu'il est impossible de trouver sur le plan à l'aide du compas les éléments des grandeurs, nécessaires pour reconstruire. (La représentation des objets dans ce système, à l'aide de la photographie, tend à en rendre l'application plus fréquente chaque jour.)

« Pour satisfaire cette importante condition pour la pratique, on préfère, en général, prendre pour plan de projection un plan parallèle à l'une des faces de l'objet à représenter, de manière à obtenir une représentation en vraie grandeur dans toutes les dimensions parallèles à ce plan, et figurer sur le côté la façade latérale qui est alors vue obliquement; on n'obtient ainsi, en quelque sorte, que plusieurs dessins à des échelles différentes, donnant une idée fausse des dimensions et des positions respectives des différentes parties d'un même tout.

« S'il s'agit de représenter de cette façon une caisse d'emballage, par exemple, on portera de A en B (fig. 1) sur la verticale AB la hauteur de cette caisse; on complétera la figure exacte (ABEC) de sa face antérieure en prenant la distance AC égale à la largeur



1.

de cette face et en complétant le rectangle ABCE. Pour donner l'idée de la profondeur de cette caisse, on mènera une ligne quelconque BG de longueur arbitraire, on tracera les parallèles AD, CH, GD, DH; le parallélogramme ABGD représentera la face latérale de droite de la caisse, le parallélogramme ACED la face supérieure.

« Dans ce mode de représentation, toutes les lignes contenues dans le plan ABCE seront figurées en vraie grandeur et pourront servir à l'exécution; les lignes parallèles à AD pourront également être employées pour mesurer les profondeurs; mais, suivant l'un ou l'autre cas, l'échelle qu'il sera nécessaire d'employer sera différente, et l'œil ne sera pas immédiatement frappé des rapports réels de grandeur entre les différentes faces.

« Et si l'on remarque que presque toutes les arêtes d'un bâtiment et même d'une machine sont parallèles à l'une des lignes AB, AC, AD, on voit déjà toute l'utilité d'un pareil système, défectueux cependant en ce sens qu'il habitue l'œil à mal juger, et en ce qu'une même échelle ne peut servir dans les trois directions

principales. Que si on veut se mettre à l'abri de cette dernière objection, on donne à la ligne AD la dimension même de la profondeur de la caisse, on exagère encore le premier inconvénient que nous venons de signaler, et l'on n'a plus qu'un dessin absolument inexact. Il est tout à fait impossible qu'une projection oblique ou orthogonale de la ligne AD, quelles que soient l'obliquité et la position du plan, soit égale à cette ligne AD dans l'espace, si elle n'est pas parallèle au plan sur lequel la projection a lieu.

« Vérité géométrique dans la projection, représentation à la même échelle des trois lignes, AB, AC, AD, telle est la double difficulté que résout heureusement la perspective isométrique que l'on peut considérer comme un cas particulier de la projection orthogonale, mais un cas particulier parfaitement choisi, et jouissant de propriétés fort remarquables que nous avons pour but, dans cette note, de mettre en relief.

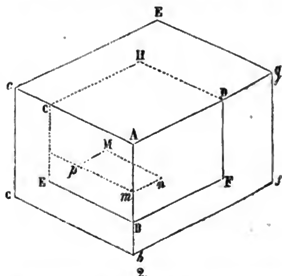
« Le plan de projection choisi par M. Farish n'est parallèle à aucune des faces principales de l'objet à représenter, mais il occupe une position toujours identique; il est perpendiculaire à la diagonale AA' du cube que nous considérions tout à l'heure. Perpendiculaire à cette ligne, qui est en quelque sorte l'axe de l'angle trièdre A, que forment les trois faces ABC, ACD, ABD que nous venons d'indiquer, ce plan est également incliné sur chacune de ces faces, qui dès lors se trouveront avoir pour projections trois parallélogrammes ou losanges égaux. Aucune face, il est vrai, n'aura plus conservé sa forme, mais l'œil est évidemment satisfait, et les trois arêtes du cube, étant égales dans la représentation, se trouvent être une réduction à la même échelle des trois arêtes du cube dans l'espace, et cette échelle encore pourra s'appliquer dans les trois directions principales, lorsque le solide à considérer n'est plus un cube, mais une parallélipipède rectangle quelconque. Cette représentation affectera d'ailleurs absolument l'apparence que l'objet réel offrirait à l'œil placé sur la diagonale à une distance infinie : dans ces conditions, ce serait une vue parfaitement vraie.

« Les trois parallélogrammes AE, Ac, Af étant égaux, les trois angles en A le sont également, et chacun d'eux comprenant le tiers d'une circonférence entière, ou du 360°, leur mesure commune est de 120°; il en résulte un moyen simple de tracer immédiatement et sans effectuer de mesure d'angles les trois axes isométriques à partir du point A. Il suffira de décrire d'un point A une circonférence quelconque, d'inscrire dans cette circonférence un hexagone régulier (on sait que le côté de cet hexagone est égal au rayon), ce qui donne les points de division à l'aide desquels les directions de toutes les lignes isométriques sont immédiatement données. Si l'arête Ag a en réalité 0m,40 de longueur, et si l'on veut pouvoir se servir, par exemple, de l'échelle de 5 centimètres pour mètre, on prendra Ag = 0m,40 × 0,05 = 0m,02; si l'arête Ac dans la réalité est de 0,30; on fera à la même échelle Ac = 0m,30 × 0,05 = 0m,015, et ainsi de suite pour toutes les distances qui, dans un même dessin et à une même échelle, seraient destinées à reproduire une quelconque des lignes tracées sur l'objet ou ses arêtes, pourvu qu'elle soit parallèle à une des trois autres arêtes du cube.

« Mais cet avantage, si grand qu'il soit, n'est pas le seul que présente la perspective isométrique, que l'on appellerait, avec plus de raison peut-être, projection isométrique : de ce que ce mode de figuration est une projection régulière sur un plan, il résulte que toute figure, de quelque forme qu'elle puisse être, étant tracée sur l'une quelconque des faces du parallélipipède isométrique, se trouvera projetée sur le dessin en une figure, en général peu semblable à elle-même, mais dont la surface sera avec la surface réelle dans un rapport toujours constant; et comme l'œil saisit avec une précision extrême la grandeur des surfaces, tout dessin isométrique en donnant à chacun des éléments superficiels du solide originaire une valeur exactement en rapport avec la grandeur réelle, le lecteur sera à première vue frappé de cette précision, et y puisera immédiatement et sans effort une idée vraie des proportions relatives de ces éléments nombreux.

« Pour la commodité du langage, nous désignerons par différentes dénominations tous les plans parallèles aux différentes faces du parallélipipède isométrique, et les lignes parallèles à ses arêtes. La ligne AB et toutes les parallèles seront pour nous des lignes isométriques verticales; les parallèles à AC et AD seront respectivement les lignes isométriques horizontales, de gauche ou de droite, ou simplement les isométriques de gauche, et les isométriques de droite : les mêmes notations rappelleront les plans, tous ceux parallèles aux faces du parallélipipède étant respectivement des plans isométriques horizontaux (AH), verticaux de gauche (AE), ou de droite (AF).

« Rien ne sera plus facile maintenant que d'exposer la pratique de ce mode de représentation. Une machine étant donnée par exemple, si on la considère comme placée dans une caisse que l'on représentera d'abord par ses arêtes isométriques, un point M (fig. 2) étant

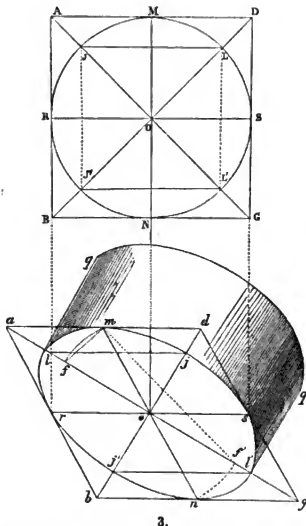


2.

donné de position dans cette caisse par sa distance aux trois plans isométriques, on déterminera tout d'abord dans quel plan isométrique horizontal il se trouve, en connaissant sa distance au plan supérieur de la caisse et en prenant Am égal à cette longueur, on mènera les isométriques mp, et mn, on prendra mp égal à la distance du point au plan isométrique de droite, mn égal à la distance du point au plan isométrique de gauche, et par la construction du parallélogramme mn Mp, on trouvera en M la projection isométrique du point cherché. Si l'on compare sous le rapport de la grandeur la figure ainsi obtenue à l'objet réel, on voit de suite que son image n'est autre chose qu'une projection orthogonale exacte, amplifiée ensuite dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$: une ligne droite sera déterminée par deux de ses points, ou par un seul si l'on sait à l'avance qu'elle est une ligne isométrique; une face plane résultant de l'intersection de plusieurs plans isométriques sera toujours représentée par un parallélogramme, dont les côtés sont des lignes isométriques et qu'il est dès lors facile de déterminer.

« Ces seules règles, pour peu qu'on les applique avec discernement, sont suffisantes pour éviter toutes difficultés dans la représentation des faces rectangulaires.

« Soit, maintenant, un cercle de rayon OM (fig. 3), que nous supposerons appartenir à un plan isométrique de gauche, à représenter à l'aide de cette double trans-



3.

formation ; son rayon est r, la figure qu'il faut construire est donc la projection orthogonale d'un cercle plus grand, de rayon $R = r\sqrt{2}$. Traçons les deux diamètres MN et RS, l'un vertical et l'autre horizontal, puis construisons le carré circonscrit ABGD.

« D'après ce qui vient d'être dit, nous savons déjà que ce carré, s'il existait réellement dans le corps à représenter, serait figuré par le parallélogramme $abgd$, dans lequel les côtés sont respectivement parallèles à ceux du carré isométrique, et qui affecte la disposition que nous avons reconnue une fois pour toutes au plan isométrique de gauche. Les deux diamètres MN et RS seront figurés en mn, rs, et le point O, centre du cercle primitif, qui se trouvait à la rencontre de ces deux diamètres se trouvera en o à la rencontre des isométriques qui représentent respectivement ces diamètres : les quatre points m, n, r, s, seront pour la même raison des points de la perspective isométrique du cercle, et comme nous savons *à priori* que la projection oblique d'un cercle est nécessairement une ellipse, le problème se réduit à construire une ellipse qui passe par ces quatre points et qui soit tangente en chacun d'eux aux lignes isométriques, comme la circonférence du cercle O était tangente aux côtés du carré circonscrit.

« La disposition symétrique des quatre points de contact par rapport aux deux droites bd et ag démontre d'abord que ces deux droites sont les axes de l'ellipse dont le point o est le centre. Ces deux lignes sont les projections des deux diagonales BD et AG du carré primitif, et si nous considérons en particulier cette ligne BD, nous savons qu'en se projetant régulièrement sur un plan quelconque chaque élément linéaire de cette droite est modifié de la même manière dans sa longueur; de sorte que si OD est devenu od, le rayon OL étant devenu oj, on aura la proportion

$$oj : OL :: od : OD.$$

OL, c'est le rayon du cercle primitif ou r; OD, c'est la diagonale du carré circonscrit, ou $r\sqrt{2}$; od, c'est un des côtés du triangle équilatéral odm (il est équilatéral, parce que chacun de ses angles est un angle isométrique de 60°), donc $od = om = r$, car om c'est la représentation isométrique de OM, qui n'a pas changé de valeur.

« Nous tirons de là :

$$oj = OL \times \frac{od}{OD} = r \times \frac{r}{r\sqrt{2}} = \frac{r}{\sqrt{2}}$$

Le même raisonnement étant appliqué à oa, on trouve $ol : OJ :: oa : OA$.

OJ et OA sont connus comme égaux respectivement à OL et à OD; oa, c'est le côté du triangle rectangle aod, dans lequel $oa^2 = ad^2 - od^2 = 4r_2 - r^2$ car $ad = AD = 2r$, d'où $oa = r\sqrt{3}$ et enfin

$$ol = r \times r\sqrt{3} : \frac{r}{\sqrt{2}} = r\sqrt{\frac{3}{2}}.$$

« Telles sont les valeurs des deux demi-axes de l'ellipse isométrique, et il en résulte que les trois demi-diamètres oj, om, ol, sont entre eux comme les quantités

$$\frac{r}{\sqrt{2}},\ r,\ r\sqrt{\frac{3}{2}}.$$

ou comme les trois nombres 1, $\sqrt{2}$, et $\sqrt{3}$; environ comme 28 : 40 : 49.

« Nous ne serions pas entrés dans tous ces détails sur l'ellipse isométrique si elle ne se présentait toujours la même pour tous les cercles contenus dans les trois plans, tantôt plus grande, tantôt plus petite, mais toujours semblable à elle-même, la proportion entre les trois diamètres que nous venons d'étudier restant constante.

« Voici, au reste, comment on arrive graphiquement à la construire.

« L'excentricité dans une ellipse, ou la distance du centre au foyer, est exprimée par $\sqrt{a^2 - b^2}$, a et b étant les deux demi-axes. Cette distance est donc ici, en mettant pour ces axes les valeurs que nous venons de trouver,

$$\sqrt{ol^2 - oj^2} = \sqrt{r^2\frac{3}{2} - r^2\frac{1}{2}} = r,$$

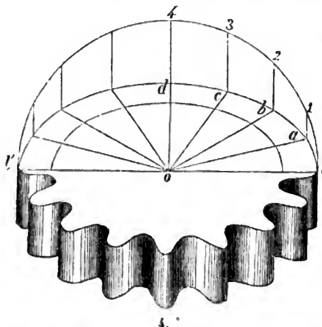
c'est-à-dire que l'excentricité est égale au rayon om et qu'on obtiendra les deux foyers f et f' en décrivant du point o comme centre les deux arcs mf et nf'; les foyers étant connus, on déterminera autant de points de l'ellipse que l'on voudra; on connaîtra immédiatement la longueur du grand axe, qui sera $mf + mf'$; les extrémités l et l' de cet axe étant ainsi déterminées, les extrémités j et j' du petit axe s'obtiendront par les isométriques lj et $l'j'$, car LJ et L'J' sont parallèles à RS dans le cercle dont l'ellipse est la projection.

« Ces huit points de la courbe étant déterminés, savoir : les quatre extrémités des axes et les quatre points de tangence en m, n, r, s, suffiront presque toujours pour la tracer, et ce ne sera que dans le cas de dimensions très grandes qu'il sera nécessaire, à l'aide des foyers, de déterminer un plus grand nombre de points intermédiaires, au moyen de cette propriété que la somme des rayons vecteurs pour chaque point est égale à la longueur du grand axe, ou bien encore en consi-

dérant l'ellipse comme un aplatissement de la circonférence décrite sur *ll'* comme diamètre.

« L'ellipse isométrique étant tracée, on voit de suite comment doit être figuré le cylindre auquel appartient cette base, car s'il s'agit de l'ellipse isométrique du plan de gauche comme celle que nous venons d'examiner, les génératrices perpendiculaires à son plan seront nécessairement des isométriques de droite, et il suffira de mener tangentiellement à l'ellipse les deux isométriques de droite passant par l'extrémité de son grand axe, pour que le cylindre soit parfaitement indiqué, ainsi qu'on le voit dans la figure. Ces génératrices extrêmes sont *lq*, *l'q'*; la base postérieure est terminée par une ellipse égale à l'ellipse *mnrs* et l'une quelconque des génératrices, telle que *lq*, *l'q'*, prolongée d'une base à l'autre, mesure en vraie grandeur la longueur du cylindre.

« Lorsqu'on voudra se servir de ce procédé pour des dessins de machines, auxquels il se prête si bien, il arrivera fréquemment que l'on aura besoin, soit pour des engrenages, soit pour bien d'autres causes, de montrer comment des divisions égales de cercle se trouvent indiquées dans la représentation : rien n'est plus simple que cette division ; sur le grand axe *ll'* de l'ellipse comme diamètre on décrira une circonférence, que l'on divisera en autant de parties égales que l'on voudra, aux points 1, 2, 3, et de ces différents points de division on abaissera sur le grand axe les perpendiculaires que l'on voit dans la figure 4, ce qui déterminera



4.

les points de division correspondants de l'ellipse. Cette représentation ne saurait offrir aucune difficulté ; les lignes *oa*, *ob*, *oc*, tracées une fois pour toutes sur un rapporteur pourront servir dans tous les cas semblables et s'emploieront à la manière des rapporteurs de corne qui servent à mesurer les angles ; les différents angles, au centre de notre figure, sont toutes les valeurs que prend, dans les différentes positions, l'angle de 22°,5, qui correspond à une denture de seize dents.

« Il est sans doute inutile d'ajouter que les lignes, droites ou courbes, qui n'occupent pas, dans un plan d'ensemble, la position des lignes isométriques, se trouveraient comme dans la perspective cavalière ; que, quant aux distances des longueurs non contenues dans les plans isométriques, dont on voudrait mesurer la longueur à l'aide du dessin, il faudrait se servir d'une échelle variable, chacune de ces distances étant modifiée dans sa longueur comme le sont les différents diamètres des cercles isométriques ; qu'enfin, ce mode de représentation se prête, pour les détails intérieurs, comme les projections orthogonales, à la méthode des coupes. »

PESANTEUR. Tous les corps s'attirent entre eux en raison directe de leur *masse*, c'est-à-dire de la quantité de matière qu'ils renferment, et en raison inverse du carré de la distance : ce principe est celui de l'*attraction* ou *gravitation universelle*, dont Képler découvrit le premier les lois par l'observation des orbites des astres, et qui furent plus tard démontrées mathématiquement par Newton et expérimentalement par Cavendish. L'action que le globe terrestre exerce sur les corps situés à sa surface porte le nom de *gravité* ou de *pesanteur*. L'attraction qu'une sphère composée d'éléments de même densité ou d'éléments de densités différentes disposés par couches concentriques, ce qui est sensiblement le cas du globe terrestre, exerce sur les corps situés à sa surface, est la même que si l'on supposait toute la masse de cette sphère réunie en son centre : cette action est donc dirigée vers ce centre, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface des eaux dormantes. L'action de la pesanteur tend à faire tomber les corps, et exerce sur eux une action dont la résultante constitue le poids de ces corps. Il résulte des définitions que nous venons de donner que, dans le même lieu, sous le même volume, les poids des corps sont proportionnels à la quantité de matière ou à la *masse* qu'ils renferment sous le même volume. On est convenu d'appeler DENSITÉ ou *pesanteur spécifique* le poids d'un corps, sous l'unité de volume, rapporté à l'unité de poids. On pourra alors poser $P = D \times V$, P étant le poids sous le volume V, et D la densité : cette équation permet de trouver les densités des corps, lorsqu'on connaît leurs volumes, et réciproquement.

La terre n'étant pas parfaitement sphérique, et étant aplatie aux pôles et renflée à l'équateur, il s'ensuit que l'intensité de la pesanteur varie à sa surface, et va en augmentant de l'équateur au pôle. Soit *g*, cette intensité, la loi du mouvement uniformément accéléré des corps sollicités par une force constante, donne, pour l'espace *e* parcouru pendant le temps t : $e = 1/2\, gt^2$; et, si nous prenons la seconde pour unité de temps, $g = 2E$, c'est-à-dire le double de l'espace parcouru, par un corps tombant dans le vide, pendant la première seconde de sa chute. On calcule plus aisément *g* au moyen de la formule $g = \pi^2\, l : l$, étant la longueur du pendule simple, qui fait exactement une oscillation par seconde ; à Paris, $g = 9,8088$, ou plus simplement 9,81.

Soit *m*, la masse d'un corps, sous l'unité de volume ; sous le volume V, sa masse $M = m\,V$, et son poids $P = m\,g\,V$.

PESANTEUR SPÉCIFIQUE. Voyez DENSITÉ.

PÈSE-ACIDES. Voyez ARÉOMÈTRE.

PÈSE-LIQUEURS. Voyez ARÉOMÈTRE.

PÈSE-SELS. Voyez ARÉOMÈTRE.

PESON. Voyez DYNAMOMÈTRE.

PETIT-LAIT. Voyez FROMAGE et LAIT.

PÉTRIN. Voyez PAIN.

PÉTROLE. Voyez BITUME.

PHARE. Les phares sont des foyers lumineux placés ordinairement au sommet des tours élevées, et destinés à indiquer pendant la nuit les points remarquables des côtes, les écueils, l'embouchure des fleuves ou l'entrée des ports.

L'emploi de lumières pour guider les navigateurs pendant la nuit remonte à une haute antiquité. Le fanal élevé sur l'île de Pharos par le Gnidien Sostrate, sous le règne de Ptolémée Philadelphe, l'an 470 de la fondation de Rome, passa longtemps pour une merveille. Les Romains employèrent aussi ces appareils, et l'on voyait même encore en 1643 le phare qu'ils avaient élevé à Boulogne pour diriger les navires qui traversaient la Manche.

Les phares de France forment un système d'éclai-

rage en grande partie terminé, et déjà le plus complet de l'Europe entière. Nos côtes se garnissent chaque soir d'une ceinture lumineuse pour indiquer aux navires leur véritable position, et leur permettre de se diriger vers les ports qu'ils doivent atteindre.

Les phares étaient autrefois éclairés par des feux de bois ou de charbon de terre, que l'on entretenait soigneusement pendant toute la nuit. Le célèbre Borda remplaça cet éclairage imparfait par des lampes à réflecteurs ; c'était le premier pas dans la voie des perfectionnements réalisés depuis cette époque. Les lampes à double courant d'air d'Ami-Argant furent ensuite appliquées à l'éclairage des phares ; et des miroirs paraboliques, soigneusement exécutés, substitués aux simples réflecteurs. Tels étaient les moyens d'éclairage employés pour les phares, lorsque M. Augustin Fresnel parvint, en 1819, à faire établir ces beaux appareils dioptriques, à lentilles annulaires, que nous donnons plus loin avec détails.

Les phares de France sont partagés en quatre classes de grandeurs et de portées différentes :

Les phares de premier ordre, espacés en général de 14 lieues marines les uns des autres, servent à reconnaître les parages, et, pour les bâtiments qui viennent du large, à corriger l'*estime;*

Les phares de deuxième et de troisième ordre indiquent les écueils, les baies et les rades foraines;

Enfin, les phares de quatrième ordre signalent les passes, l'embouchure des fleuves et l'entrée des ports.

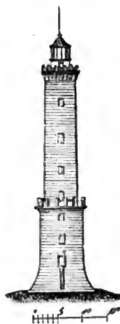
Chacun des feux distribués sur les côtes ayant à faire reconnaître le lieu qu'il éclaire, doit offrir un caractère distinctif qui ne permette pas de le confondre avec d'autres. Comme les grands phares sont ordinairement situés à 7 lieues marines au moins les uns des autres, il s'ensuit qu'avec un très petit nombre d'espèces différentes, deux feux semblables sont toujours séparés l'un de l'autre par une distance plus grande que l'erreur dans laquelle peut être un bâtiment sur sa véritable route, ce qui ne permet aucune confusion à cet égard. Le petit nombre de moyens que nous allons indiquer, suffit donc pour établir la distinction des feux.

Quelques phares sont à feu fixe et éclairent constamment tous les points de l'horizon, mais le plus grand nombre sont à éclipses. La durée relative de l'éclipse et de l'éclat varie avec la distance de l'observateur, mais le temps qui sépare une éclipse de la suivante est constant, et fournit le caractère distinctif du feu. D'autres phares, enfin, offrent un feu fixe varié par des éclats périodiques très brillants, ce qui fournit un troisième moyen de distinction. On a construit quelques lanternes des phares de quatrième ordre en verres de couleur, espérant obtenir ainsi un nouveau moyen de caractériser les feux ; mais ces verres absorbent beaucoup de lumière, et certains états de l'atmosphère peuvent modifier singulièrement la teinte qu'ils présentent habituellement, et même faire paraître colorés des feux blancs, ce qui pourrait entraîner dans les erreurs les plus funestes.

Les côtes de France présentent, sous le rapport géologique, une symétrie remarquable : à droite et à gauche du grand massif primitif de la Bretagne, nous rencontrons d'abord les côtes escarpées et garnies de falaises calcaires, qui s'étendent depuis Barfleur, à l'extrémité du Cotentin, jusqu'à Eu, d'une part, et de l'autre, depuis les sables d'Olonne, à l'extrémité de la Vendée, jusqu'à l'embouchure de la Gironde. Des côtes plates et sablonneuses succèdent aux falaises; elles s'étendent, d'un côté, depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'à Bayonne, et, de l'autre, depuis Eu jusqu'à Dunkerque, excepté à Boulogne, où reparaissent quelques falaises.

Les terrains primitifs forment des côtes dentelées et garnies d'écueils, qui s'étendent souvent à plusieurs lieues en mer et rendent leurs abords on ne peut plus difficiles, mais ils présentent en même temps beaucoup de criques, de petits havres et de ports ; ce sont les côtes les plus fréquentées et en même temps les plus dangereuses; ce sont celles qui doivent offrir le plus grand nombre de phares. Les côtes à falaises offrent en général des mouillages faciles et de grandes profondeurs d'eau jusqu'au pied des terres. Les côtes sablonneuses et unies formées par les alluvions, présentent des bancs et des hauts-fonds presque aussi redoutables que les écueils des terrains primitifs; mais n'offrant presque pas de lieux de refuge elles sont peu fréquentées, et les accidents y sont par conséquent moins à craindre.

D'après ce que nous venons de dire, on comprend que la plupart de nos phares sont placés sur les côtes de Bretagne ; c'est par conséquent dans cette partie de la France que nous prendrons notre point de départ, en signalant seulement les phares français les plus remarquables.



1999.

Le phare des Héaux de Bréhat (fig. 1999), construit par M. Reynaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées, auquel on doit tant d'autres travaux remarquables, peut être cité comme un modèle pour les édifices de ce genre. Les besoins du service y sont admirablement conciliés avec l'élégance des formes et la convenance des proportions. Les magasins, le logement des gardiens et la chambre de quart, sont disposés dans l'intérieur de la tour et communiquent entre eux par un escalier.

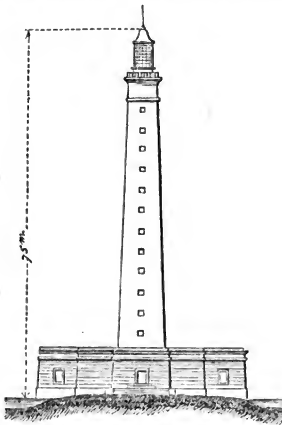
Les parages si dangereux des sept îles sont éclairés par les phares de Bréhat, de l'île de Bas et du cap Fréhel ; les deux derniers indiquent l'entrée du golfe de Saint-Brieux, et le dernier, combiné à celui de Granville, signale Saint-Malo et l'entrée de la baie de Cancale.

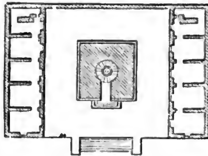
La navigation, aidée entre Granville et la pointe de la Hague par un feu à éclipses de demi-minute en demi-minute, placé sur le cap Certenet, est encore tellement difficile, que les grands bâtiments passent toujours au-delà d'Aurigny en se guidant sur les trois phares anglais des Casquets, qui forment une espèce de constellation facile à reconnaître.

Le phare de Barfleur (fig. 2000), élevé il y a quelques années à la pointe du Cotentin, pour remplacer un phare peu élevé, mais d'une construction élégante, qui existe encore à côté, est un des beaux monuments des ports de la Manche. Son exécution matérielle est des plus remarquables ; malheureusement la forme carrée du soubassement de la tour ne paraît pas bien justifiée, et ne produit pas un effet aussi heureux qu'on pourrait le désirer. Les magasins et les logements sont distribués, comme l'indique le plan, dans des bâtiments rectangulaires élevés autour de l'édifice principal ; l'escalier est ménagé dans l'espace annulaire compris entre les parois de la tour et la surface extérieure d'un noyau vide élevé au centre de la colonne.

Le Havre est indiqué par les deux phares du cap de la Hève, situés seulement à 100 mètres l'un de l'autre. L'entrée du port et l'embouchure de la Seine sont d'ailleurs garnis d'une série de petits feux, qui dirigent les navires dans ces parages assez difficiles. Les phares de

la Hève, construits il y a déjà fort longtemps, ont été restaurés dans ces derniers temps et produisent aujour-





2000.

d'hui un effet assez satisfaisant, dont la fig. 2001, qui représente un de ces édifices, peut donner une idée.

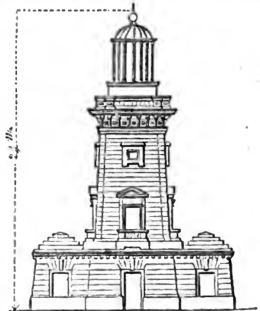
Dieppe, Saint-Valery, Boulogne et Dunkerque, possèdent aussi des phares qui complètent de ce côté l'éclairage de nos côtes.

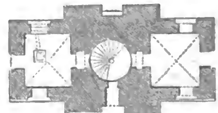
Revenons maintenant à notre point de départ, la pointe de la Bretagne, et citons seulement, en passant, les phares si remarquables de Belle-Ile-en-Mer, du Four, de Noirmoutier, des Sables, de Cordouan, à l'embouchure de la Gironde, d'Arcachon et de Bayonne.

La fig. 2002 est un croquis du phare anglais de Jersey, dont l'aspect pittoresque nous a toujours frappé.

Quant aux côtes de la Méditerranée, formées d'anciennes alluvions dans la plus grande partie de leur étendue, elles ne présentent que des surfaces unies et régulières, depuis les dernières ramifications des Pyrénées à Port-Vendres, jusqu'à Marseille, où reparaissent les roches abruptes qui se prolongent jusqu'à Antibes. Elles offrent par conséquent un assez petit nombre de mouillages, et par suite un système très simple d'éclairage. Six phares principaux suffisent pour signaler les points les plus importants : le premier est sur les îles d'Hyères ; le second, le phare du Planier, signale Marseille, notre grand port de commerce; et le troisième, élevé à l'extrémité de la Camargue, indique les bouches du Rhône, tandis que le phare placé vis-à-vis d'Aigues-Mortes, celui du mont d'Agde, et enfin celui du cap Béarn, permettent de reconnaître les points principaux du vaste golfe de Lyon.

La construction des phares exige toujours beaucoup de soin, et présente dans quelques circonstances les difficultés les plus sérieuses. L'élévation considérable de





2001.

ces édifices rend indispensable l'emploi de matériaux choisis et appareillés avec la plus grande perfection. On peut consulter sur la stabilité de ces monuments et sur celle des hautes cheminées un mémoire intéressant publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, par M. Fresnel.

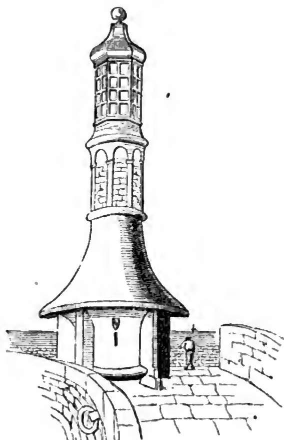
L'emploi, dans la construction d'un phare, d'un échafaudage fixe, partant du sol et s'élevant à la hauteur de l'édifice, serait en général fort coûteux, à cause de la force considérable qu'il faudrait lui donner pour résister aux vents violents qui règnent sur les côtes. On emploie donc ordinairement un échafaudage volant, très léger, qui s'élève avec la tour elle-même.

Le montage des matériaux mérite aussi, dans ce genre de construction, de fixer sérieusement l'attention. Quand le centre de la tour est évidé, on fait ordinairement monter les pierres par cette ouverture au moyen d'un treuil placé au sommet. M. Morice Larue, qui a dirigé avec un si grand talent la construction des phares de la Hague et de Barfleur, employait à ce dernier un moyen fort économique pour élever les pierres ; les chevaux qui venaient apporter les pierres étaient attelés, en retournant en chercher de nouvelles, à la corde même qui élevait celles qu'ils venaient d'apporter; de sorte que tout leur temps se trouvait utilement employé.

Quand le phare en construction ne présente pas de vide continu dans son intérieur, on dispose sur l'échafaudage une petite grue tournante et à volée mobile, qui

enlève les pierres et vient les déposer à la place qu'elles doivent occuper, ce qui facilite et accélère beaucoup le travail des maçons poseurs.

Les phares sont souvent établis sur des rochers isolés qui ne sont découverts que pendant les basses mers extraordinaires. Les difficultés de construction sont alors de toutes sortes. L'ingénieur, obligé de veiller à la fois à la bonne exécution du travail dont il est chargé et à la sûreté des ouvriers qui lui sont confiés, a besoin d'une grande activité et d'un dévouement sans bornes. Un



2002.

travail de cette nature convenablement dirigé suffit pour assurer la réputation d'un constructeur. C'est un des postes les plus dignes d'envie.

On amène ordinairement, pendant que la mer est encore haute, les ouvriers et les matériaux nécessaires, et on s'empresse de profiter de la basse mer pour poser les premières assises ; dès que le phare est élevé au-dessus des hautes mers, on doit y travailler d'une manière continue, si le temps est calme, et pousser le travail avec la plus grande activité possible, les avaries devenant d'autant moins à craindre que la maçonnerie est plus avancée.

L'emploi de pontons pour disposer les matériaux et recevoir les ouvriers présente du danger et de grandes difficultés. L'irrégularité inévitable des arrivages retarde le travail et devient ainsi quelquefois la cause indirecte des avaries les plus graves. Nous pensons, par conséquent, que toutes les fois qu'il est possible d'établir, sur le rocher où l'on doit construire, un enrochement solide, formant une espèce d'île artificielle sur laquelle on peut ensuite déposer en sûreté les matériaux et les ouvriers, il convient de suivre cette marche. Les dépenses de premier établissement seront, en général, plus que compensées par la régularité du travail et les économies de transport, de bardage, etc. D'ailleurs, on doit surtout s'attacher, dans les travaux à la mer, à éviter les accidents et les avaries dont une seule suffit quelquefois pour augmenter d'un tiers ou d'un quart les dépenses prévues.

Nous citerons, parmi les phares construits sur des rochers isolés, le phare du Four, situé à deux lieues en mer, vis-à-vis le Croisic (Loire-Inférieure), le célèbre phare d'Edystone élevé par Smeaton, ingénieur anglais, et dont le dessin a été si souvent reproduit que nous n'avons pas cru nécessaire de le donner ici, le phare de la Pointe de la Hague, etc. On trouvera d'ailleurs les détails les plus intéressants sur la construction des phares dans les mémoires insérés par MM. Larue et Potel dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1834 et 1835.

Éclairage des phares. Nous avons dit qu'autrefois les becs des lampes étaient placés au foyer de miroirs paraboliques en métal poli. La lumière de la lampe se trouvait ainsi réunie en un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui se projetaient à une grande distance. On obtenait les feux fixes en réunissant un nombre de miroirs assez grands pour diriger des faisceaux de lumière dans toutes les directions de l'horizon à éclaircir.

Lemoyne, qui avait compris, dès 1782, l'importance des éclipses, comme moyen de distinguer les phares, les produisait au moyen d'écrans qui passaient périodiquement devant les lampes. Peu de temps après, un Suédois eut l'idée d'imprimer un mouvement de rotation aux miroirs eux-mêmes, de sorte que le même faisceau lumineux était constamment utilisé, en parcourant successivement les différents points de l'horizon.

Les miroirs métalliques absorbent toujours au moins la moitié de la lumière incidente, leur exécution est très délicate, leur entretien fort difficile et leur poids considérable, aussi sont-ils aujourd'hui complétement abandonnés. Il n'en existe plus que dans un ou deux phares, où ils seront même bientôt remplacés par les appareils lenticulaires dont nous allons expliquer la construction et le mode d'éclairage.

Occupons-nous d'abord des *lampes* employées dans les appareils dioptriques. Pour arriver au résultat le plus avantageux, la flamme doit présenter le plus vif éclat sous le plus petit volume possible, afin que toutes ses parties soient peu éloignées du point mathématique qui constitue le foyer des lentilles. MM. Arago et Aug. Fresnel ont obtenu ce résultat au moyen de lampes à double courant d'air et à mèches concentriques. Les fig. 2003 et 2004 indiquent la construction d'un bec à quatre mèches pour phare de premier ordre. Ce bec reçoit constamment un excès d'huile, au moyen de petites pompes, analogues à celles des lampes dites Carcel, mises en jeu par un mouvement d'horlogerie.

2003.





2004



2005.

Les mèches sont enveloppées d'une forte cheminée en verre (fig. 2005), surmontée d'un tuyau en tôle que l'on peut allonger ou raccourcir pour régler le tirage et

qui porte en outre une espèce de clef de poêle destinée au même objet.

Le gardien placé dans la chambre de quart au-dessous de la lanterne est averti par un mécanisme fort simple des dérangements qui pourraient arriver à la lampe. L'excès de l'huile amenée aux mèches retombe dans un petit vase percé d'nne ouverture à peine suffisante pour lui donner issue, de sorte que ce petit vase est toujours rempli d'huile le temps que les lampes fonctionnent bien ; mais si elles se dérangent, la quantité d'huile amenée est moins considérable, le petit vase se vide peu à peu, son poids diminue, et bientôt il peut être soulevé par un contre-poids fixé à l'autre extrémité du levier qui le supporte. Ce mouvement dégage l'échappement d'une sonnette qui s'agite alors violemment pour prévenir de l'accident. Il y a toujours dans le phare une lampe préparée pour remplacer en quelques instants celle qui viendrait à se déranger. Une instruction détaillée, rédigée par les soins de l'administration, enseigne aux agents chargés de l'entretien et de la surveillance des phares toutes les précautions à prendre pour le nettoyage des appareils, le centrage des mèches et autres détails dans lesquels nous ne pouvons entrer ici.

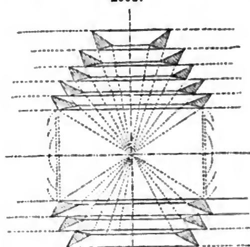
Occupons-nous à présent des appareils lenticulaires qui utilisent la lumière des lampes que nous venons de décrire. On sait qu'en plaçant au foyer principal d'un verre lenticulaire un point lumineux, on produit derrière la lentille un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui peuvent se transmettre à de grandes distances. Tel est le principe fondamental des appareils dioptriqnes ; mais quand on avait voulu l'appliquer, on avait rencontré des difficultés d'exécntion qui paraissaient insnrmontables. La fabrication de lentilles d'une assez grande dimension était presque impossible ; leur poids eût été énorme et leur épaissenr au centre tellement considérable qu'elles auraient absorbé la plus grande partie de la lumière. Fresnel a fait disparaître toutes ces difficultés en employant des lentilles *à échelons* (figures 2006 et 2007) composées d'un verre central de forme ordinaire entouré d'une série d'anneaux de peu d'épaisseur dont le profil est tel qn'ils ont tous le même foyer principal. Ces différentes pièces de verre ainsi rénnies produisent donc l'effet d'une lentille dont on aurait enlevé toute la matière inutile. Les lentilles de cette espèce absorbent à peine 1/20 de la lumière incidente, sont d'une exécution facile, puisqu'elles n'exigent que l'emploi de masses peu considérables que l'on peut travailler séparément, et enfin leur entretien est on ne peut plus simple. Buffon avait eu déjà l'idée de lentilles annulaires, mais il n'avait pu les exécuter. Tout l'honneur de cette invention revient à M. A. Fresnel, qui, du reste, n'avait pas connaissance des travaux de Buffon sur ce sujet.

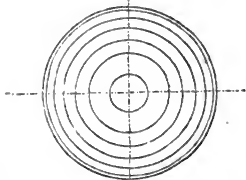
2007. 2006.

Voyons maintenant comment l'ingénieuse idée des lentilles à échelons se prête à tous les besoins de l'éclairage des phares. Pour obtenir les feux fixes, on forme un tambour annulaire engendré par la révolution du profil (fig. 2007), non plus autour d'une ligne perpendiculaire à sa surface et passant par son centre, comme pour les lentilles, mais bien autour d'une droite verticale passant par le foyer principal du profil. On forme ainsi le tambour à feu fixe, représenté en coupe et en plan par les fig. 2008 et 2009, avec ses zônes dioptriques sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Les feux à éclipses sont produits par la rotation d'un tambour octogonal (fig. 2010 et 2011) formé de huit grandes lentilles à échelons analogues à celle représentée fig. 2006 et 2007. Les faisceaux lumineux qui émergent de chacune de ces lentilles parcourent successivement tous les points de l'horizon qu'ils éclairent les uns après les autres. La vitesse de rotation du tambour détermine le temps qui sépare les différents éclats, ainsi, par exemple, quand il fait une révolution en huit minutes, on aperçoit un éclat par minute.

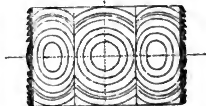
2008.

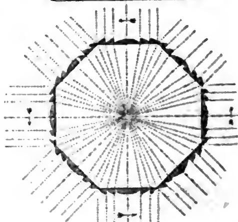




2009.

2010.



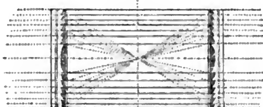


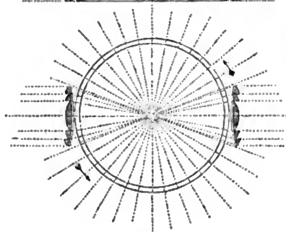
2011.

PHARE.

Les phares à feux variés par des éclats présentent une disposition un peu différente. Ils sont fermés (figures 2012 et 2013) d'un tambour circulaire à feu fixe,

2012.

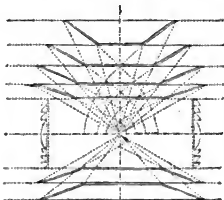




2013.

autour duquel tourne une lentille prismatique dont la figure indique la section droite. La lumière émise par la lampe et déjà réunie en nappe circulaire par le tambour à feu fixe se trouve de plus réunie en faisceau parallèle et produit ainsi un éclat passager plus vif que celui du feu fixe. Cet éclat est nécessairement précédé et suivi d'une petite éclipse dont la durée, comme celle de l'éclat lui même, dépend de la vitesse de rotation de la lentille prismatique autour du tambour fixe.

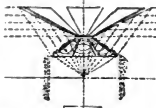
Les appareils tels que nous venons de les décrire n'utiliseraient que la partie de la lumière de la lampe

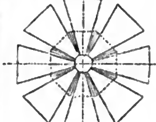


2014.

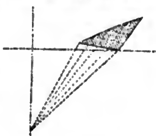
émise dans l'angle formé par les lignes partant du centre de la flamme et passant par les bords extérieurs des lentilles. Il faut encore utiliser la lumière émise dans les autres directions. On arrive à ce résultat au moyen de différents appareils. La première idée qui se présente consiste à disposer au-dessus et au dessous du tambour dioptrique, comme l'indique la fig. 2014, une série de miroirs paraboliques ayant tous pour foyer la lampe elle-même. L'exécution et l'entretien de ces miroirs est difficile, et ils ne réfléchissent régulièrement, comme nous l'avons déjà dit, que la moitié de la lumière qu'ils reçoivent. On leur a donc substitué (figures 2015 et 2016) un système de lentilles à échelons inclinés sur lesquelles tombent la lumière et dont elle émerge en faisceaux parallèles qui sont à leur tour renvoyés dans la direction voulue par des miroirs plans, en glaces étamées, convenablement inclinés. Cette disposition absorbe moins de lumière que la première, mais elle est compliquée, et les miroirs étamés ont l'inconvénient de s'altérer assez rapidement. On adopte par conséquent, aujourd'hui, une disposition plus parfaite dont le prix est malheureusement trop élevé. On place au-dessus et au-dessous du tambour principal une série d'anneaux, à section triangulaire, indiqués fig. 2008 et 2009, dont la forme (fig. 2017) est calculée de telle sorte que la lumière, en arrivant divergente à la partie inférieure, éprouve sur la face la plus inclinée une *réflexion totale*, et sort ensuite, par la troisième face, en faisceaux parallèles. Ces anneaux dioptriques remplissent donc à eux seuls la double fonction des lentilles et des miroirs de l'appareil précédent, ils absorbent très peu de lumière et ne s'altèrent pas plus que le reste de l'appareil.

2015





2016.



2017.

Les appareils lenticulaires des phares à éclipses sont supportés par un pivot et un système de galets. Un mouvement d'horlogerie, mû par un poids et placé au dessous de la lanterne, leur imprime le mouvement de rotation qu'ils doivent avoir.

Dans tous les cas, l'appareil d'éclairage est renfermé dans une lanterne en glaces qui couronne le phare. Le dôme de la lanterne est en cuivre et surmonté d'un paratonnerre. Les glaces sont fixées dans les nervures de montants en fer ou mieux en bronze; malgré leur épaisseur de $0^m,008$ à $0^m,010$, elles sont souvent cassées par les oiseaux de mer qui viennent se précipiter vers la lumière.

La fabrication des appareils dioptriques des phares est arrivée aujourd'hui, grâce aux efforts de MM. Soleil et Henri Lepaute, à un degré de perfection qui laisse peu de chose à désirer. L'Angleterre, la Suède, la Norwége et les États-Unis ont acheté en France, depuis quelques années, plus de quarante appareils d'éclairage pour les phares.

Les instruments pour la taille des lentilles et des anneaux sont très simples par eux-mêmes. Ils exigent seulement une grande précision. La pièce de verre collée sur un disque horizontal en métal, animé d'un mouvement de rotation, est usée et polie au moyen d'un frottoir fixé à l'extrémité d'une pièce de fer, dont l'autre bout est réuni par une charnière à un point fixe. La longueur de cette pièce de fer est égale au rayon de courbure du profil générateur de la surface que l'on exécute.

Les machines à tailler les lentilles sont mises en mouvement dans les beaux ateliers de M. Henri Le-

paute, rue de Vaugirard, nº 133, à Paris, par une machine à vapeur. L'outillage puissant de ce fabricant distingué lui permet de faire mieux et à plus bas prix que qui que ce soit ce genre de travail.

Portée des phares, intensité de leur lumière. La portée des phares du premier ordre varie de 28 à 44 kilomètres. Celle des feux de port de 11 à 22 kilom. On ne doit pas confondre cette portée théorique, dépendant de leur élevation, avec la limite de leur *visibilité* qui peut être sensiblement diminuée par l'état de l'atmosphère, et qui, dans des circonstances favorables et pour des phares très élevés, peut s'étendre, au contraire, beaucoup plus loin. Le phare du mont d'Agde, par exemple, a été aperçu de celui du cap Béarn à une distance de 93 kilom.

On suppose, dans le calcul de la portée des phares, que l'observateur est placé sur les vergues, à 12 ou 15 mètres au-dessus du niveau de la mer pour les feux de premier ordre, à 10 mètres pour ceux de second ordre, à 5 mètres pour ceux de troisième ordre, et enfin à 3 mètres seulement pour les phares de quatrième ordre. Cela posé, si on appelle R le rayon de la terre, h la hauteur du feu au-dessus des grandes mers, et d la portée, on voit facilement que ces quantités sont liées par la relation $d^2 = h\,(2R+h)$, ou supprimant h, quantité infiniment petite par rapport à 2R, dans le second facteur, $d^2 = 2Rh$, d'où on tirerait $h = \frac{d^2}{2R}$. Mais la réfraction atmosphérique augmente la portée dans le rapport de 84 à 100, de sorte que d étant donné, on obtient h par la formule $h = \frac{0,84d^2}{2R}$.

La lumière d'un bec quadruple, semblable à celui que nous avons décrit, équivaut à 17 becs de Carcel. Les grands panneaux de lentilles à échelons, de 1m,00 de hauteur et de 0m,76 de largeur, donnent des éclats qui, dans l'axe, équivalent à 4.000 becs de Carcel, ou à 24.000 bougies. Il serait matériellement impossible d'obtenir avec des miroirs de pareils résultats.

Administration, prix et statistique des phares. Quoique la France ne soit pas, à beaucoup près, la nation qui fréquente le plus l'Océan, c'est elle qui met le plus de soin à éclairer ses rivages pendant la nuit. Aucun peuple ne possède encore un système de phares aussi complet que le nôtre. Toutes les dépenses de ce service sont supportées par le trésor public, et aucune charge n'est imposée pour cet objet aux navigateurs. En Angleterre, au contraire, où le système d'éclairage est fort incomplet, on paie dans chaque port un droit pour les phares.

En vertu d'un décret du 7 mars 1806, le service des phares est confié, en France, aux ingénieurs des ponts et chaussées. Mais, comme il intéresse à un haut degré la navigation, le sous-secrétaire d'état des travaux publics a formé auprès de lui une commission des phares, composée d'ingénieurs, de marins, d'hydrographes, d'astronomes et de physiciens, appelée à donner son avis sur toutes les questions de cette nature. L'administration possède en outre, à Paris, un établissement, connu sous le nom d'Atelier central des Phares, où l'on monte et où l'on vérifie les appareils destinés aux départements, et où l'on fabrique même quelques lentilles. Un ingénieur dirige cet atelier.

L'éclairage des phares de la Méditerranée et celui des phares de l'Océan, depuis Bayonne jusqu'au Finistère, se fait par entreprise. Depuis Dunkerque jusqu'aux côtes du Nord, au contraire, les fournitures d'huile sont seulement mises en adjudication, et le reste du service se fait en régie. L'administration a l'intention d'appliquer à toutes nos côtes cette seconde méthode, beaucoup plus convenable que l'autre. Il est à désirer que cette amélioration soit bientôt réalisée.

Nous avions en France, à la fin de 1845, 123 phares ou fanaux sur les côtes de l'Océan, répartis dans dix-sept départements, et 30 sur la Méditerranée, dans huit départements. Ces établissements représentaient une valeur de 10.658.000 fr.

L'administration publie périodiquement un état descriptif des phares de nos côtes, et prévient longtemps à l'avance les navigateurs de tous les pays des changements qui doivent être apportés dans le système général d'éclairage.

Les verres employés à la fabrication des lentilles à échelons sont maintenant préparés à Choisy-le-Roi. Ils coûtent environ cinq francs le kilogramme. Le mètre superficiel de panneaux de lentilles à échelons est payé 1.750 fr. Nous avons d'ailleurs réuni dans le tableau suivant les renseignements les plus importants sur les frais d'entretien, la consommation d'huile, la valeur, etc., des appareils dioptriques des différents ordres.

ORDRES DES APPAREILS.			Diamètre intérieur du tambour dioptrique.	Éclat maximum en becs de Carcel [1].	Portée répondant à l'élévat. ordin. des feux [2].	Prix des appareils avec partie accessoire catoptrique [3].	consommation d'huile par heure.	Dépense annuelle du service d'éclairage y compris divers entretiens	Nombre de gardiens.	OBSERVATIONS.
			mètres.	Becs.	milles	francs.	gram.	francs.		
1er ORDRE	Feu fixe.		1,84	450	20	24500	750	8000	3	[1] Ces indications d'éclat se rapportent, pour les phares des trois premiers ordres, à des miroirs placés aux parties inférieures et supérieures.
	Feu tournant.	8 grandes lentilles.	1,84	4000	28	30000				
		16 demi-lentilles.	1,84	2000	24	30000				
	Feu varié par des éclats.		1,84	2800	24	33000				
2e ORD.	Feu fixe.		1,40	200	16	16000	500	6000	2 à 3	[2] On ne doit pas confondre la portée avec la limite de visibilité.
	Feu tournant.		1,40	1200	18	21000				
	Feu varié.		1,40	1200	18	23500				
3e ORDRE	Grand modèle.	Feu fixe.	1,00	65	14	8000	190	4000	2	[3] Non compris la lanterne.
		Feu varié.	1,00	380	15	13000				
	Petit modèle.	Feu fixe.	0,50	35	12	4000	120	3500	1 à 2	
		Feu varié.	0,50	200	14	7000				
4e ORDRE	Grand modèle.	Feu fixe.	0,375	20	10	2500	60	1200	1	
		Feu varié.	0,375	120	12	5000				
	Petit modèle.	Feu fixe.	0,30	10	9	1700	45	900	1	
		Feu varié.	0,30	90	10	3600				

H. MANGON.

PHOSPHATES. On désigne sous ce nom les sels formés par l'acide phosphorique ; il y a des phosphates neutres, basiques ou acides. Dans les phosphates neutres, la quantité d'oxygène de la base est à la quantité d'oxygène de l'acide, comme 2 est à 5. Les phosphates sont indécomposables par la chaleur seule, à l'exception d'un très petit nombre; la plupart sont fusibles. Ils sont décomposés par l'acide borique à une température élevée, mais ils ne le sont pas par la silice, à moins qu'il n'y ait contact de charbon. Un grand nombre se changent en phosphures quand on les chauffe avec du charbon. Les phosphates neutres sont insolubles dans l'eau à l'exception des phosphates de potasse de soude et d'ammoniaque; mais la plupart se dissolvent dans un excès d'acide phosphorique. Les acides forts les dissolvent ou les transforment en phosphates acides. Beaucoup de phosphates acides sont cependant insolubles, lorsqu'ils ont été calcinés, même dans l'acide hydrochlorique. Préalablement desséchés, puis chauffés avec du potassium, les phosphates sont décomposés et laissent un résidu de phosphure de potassium qui, mis en contact avec l'eau, laisse dégager de l'hydrogène phosphoré, gaz spontanément inflammable. Les phosphates solubles donnent dans les dissolutions de baryte et de plomb un précipité blanc soluble dans l'acide nitrique en excès, ce qui ne permet pas de le confondre avec celui que donnent les sulfates ou l'acide sulfurique. Beaucoup de phosphates métalliques se trouvent dans le règne minéral. Les principaux phosphates sont les suivants :

PHOSPHATE DE SOUDE. Ce sel se prépare en décomposant une dissolution de bi-phosphate de chaux par un léger excès de carbonate de soude; il se précipite du phosphate neutre de chaux que l'on sépare par filtration; on concentre par évaporation la liqueur filtrée, et on la fait cristalliser en la laissant refroidir. Le phosphate de soude est fréquemment employé comme purgatif en médecine, et comme réactif dans les laboratoires de chimie.

PHOSPHATE D'AMMONIAQUE. Ce sel se prépare, soit directement, soit comme le précédent, avec cette différence que l'on remplace le carbonate de soude par du carbonate d'ammoniaque. Il est employé comme réactif, dans les laboratoires de chimie, pour doser la magnésie.

PHOSPHATE DOUBLE D'AMMONIAQUE ET DE SOUDE. Ce sel, plus connu sous le nom de *sel de phosphore*, et particulièrement employé dans les essais au chalumeau, se prépare en dissolvant 16 parties de sel ammoniac et 100 parties de phosphate de soude dans une très petite quantité d'eau, faisant bouillir, puis cristalliser par refroidissement.

PHOSPHORE. L'un des corps simples; il est solide, d'une densité = 1,77, fond à 43° C., se volatilise à 290°; à la température ordinaire, il répand dans l'air des fumées blanches, épaisses, lumineuses dans l'obscurité, et y brûle avec une flamme extrêmement vive et brillante, lorsqu'on le chauffe seulement jusqu'à son point de fusion. Récemment préparé, il est ordinairement incolore et transparent; dans quelques cas cependant, surtout lorsqu'il est refroidi brusquement, il devient gris et même complétement noir. Conservé quelque temps dans l'eau, de transparent et incolore qu'il était il se recouvre d'une pellicule blanche et opaque. Il se combine avec les métaux pour donner des composés beaucoup plus durs, et le plus souvent aigres et cassants, qui ont reçu le nom de *phosphures*. Il rougit très rapidement à l'air, et se recouvre d'une couche d'oxyde rouge de phosphore.

On obtient le phosphore en poudre en le fondant dans un ballon, sous l'eau, et agitant ensuite vivement le vase jusqu'à ce que le phosphore soit entièrement solidifié par suite du refroidissement progressif de l'eau ; en se servant d'alcool, au lieu d'eau, on obtient une poudre beaucoup plus fine.

Le phosphore est employé pour doser l'oxygène, dans les analyses eudiométriques, et, dans quelques cas, en médecine. Mais son principal débouché est la fabrication des briquets phosphoriques et surtout celle des allumettes à friction, dites *allumettes chimiques*, qui en consomme depuis quelques années une quantité considérable. Ces allumettes doivent leurs propriétés à des combinaisons de soufre et de phosphore qui sont très inflammables et très dangereuses à préparer, soit à sec, soit à l'eau ; mais en fondant le phosphore dans un mucilage de gomme, et y introduisant ensuite le soufre, la combinaison s'effectue sans le moindre danger.

Le phosphore se prépare au moyen des os calcinés ou plutôt grillés à blanc, qui se composent de carbonate et de phosphate de chaux ; on les pulvérise, on les délaie dans 2 parties d'eau de manière à former une bouillie claire dans laquelle on verse peu à peu, en agitant constamment, 75 p. 100 d'acide sulfurique à 66°; on laisse ensuite reposer pendant vingt-quatre heures à froid, ou moins, si on élève la température : il se dépose du sulfate de chaux et il se forme du phosphate acide de chaux soluble. On décante, on lave le résidu à l'eau chaude à plusieurs reprises; on évapore la liqueur jusqu'à consistance sirupeuse, on laisse refroidir et on reprend par l'eau froide, qui redissout seulement le phosphate acide de chaux et laisse la portion de sulfate qui s'était d'abord dissoute; après avoir décanté, on évapore de nouveau jusqu'à consistance de miel, on incorpore dans la masse le quart de son poids de charbon en poudre, on dessèche la masse et on la fait même rougir dans une chaudière en fonte. Lorsqu'on chauffe ce mélange au blanc, dans des cornues, l'acide phosphorique en sus de celui nécessaire pour constituer du phosphate neutre, est décomposé par le charbon, et le phosphore se dégage à l'état de vapeurs qui viennent se condenser dans des appareils convenablement disposés.

La température à laquelle on opère étant très élevée, on se sert de cornues en terre, lutées avec un mélange de terre franche et de crottin de cheval; on les fait complétement sécher, avant de s'en servir, et on répare avec soin les fissures qui pourraient s'être produites pendant la dessiccation.

Le mélange n'augmentant pas de volume, lorsqu'il a été bien desséché, on peut en remplir presque entièrement la panse de la cornue.

On emploie ordinairement, pour chauffer les cornues, un fourneau à alandier, construit en briques, alimenté avec du bois ou de la houille, et dans lequel on place 4 cornues de chaque côté; au col de chacune de ces cornues, on ajuste un tuyau de cuivre courbé, qui vient plonger dans un réservoir cylindrique aussi en cuivre, muni d'un couvercle auquel on adapte un tube droit pour le dégagement des gaz; on remplit à moitié chaque réservoir avec de l'eau chaude, sans quoi les premières vapeurs de phosphore qui passeraient à la distillation, se condenseraient sous la forme de poudre. On chauffe très graduellement le feu jusqu'au rouge blanc, et on le maintient à ce point tant qu'il distille du phosphore : on juge de la marche de l'opération par l'abondance du dégagement gazeux : l'opération est terminée lorsque tout dégagement a cessé. On trouve alors le phosphore en masses plus ou moins volumineuses au fond des vases; après avoir laissé refroidir l'eau, on le retire et, pour le purifier, on le met dans un nouet en peau de chamois, on plonge le nouet dans l'eau chaude et on le comprime avec la main, ou mieux avec une pince, ce qui permet d'employer de l'eau plus chaude ; le phosphore fond et passe à travers la peau, tandis que les matières étrangères, l'oxyde rouge de phosphore, etc., restent dans le nouet.

Pour convertir le phosphore en bâtons, forme sous laquelle il est ordinairement livré au commerce, on le fond dans l'eau et on y plonge des tubes de verre parfaitement droits, et légèrement coniques dans lesquels on le fait monter par succion; il faut opérer avec précaution et prendre bien garde d'aspirer au point de faire venir du phosphore dans la bouche, ce qui pourrait causer des accidents extrêmement graves; aussi a-t-on toujours soin que le phosphore soit toujours recouvert dans le tube, par une couche d'eau de 2 ou 3 centimètres; il convient aussi d'effiler le tube par le bout qui plonge dans le phosphore; le phosphore s'étant élevé dans le tube à la hauteur voulue, on ferme l'orifice supérieur du tube avec le bout de la langue, ou même avec le doigt s'il est effilé à son autre extrémité, on soulève le tube jusqu'à ce que l'orifice inférieur ne plonge plus que dans l'eau et on passe le doigt sous le tube, que l'on transporte dans l'eau froide; en renversant ensuite le tube, après solidification complète, le phosphore sort naturellement ou par la plus légère secousse. Il faut préalablement échauffer le tube en y aspirant, à deux ou trois reprises, de l'eau chaude, afin d'éviter le grave inconvénient d'avoir des bâtons de phosphore creux, dont l'emploi, dans certains cas, peut donner lieu à des accidents.

On coupe ensuite les bâtons de phosphore avec des ciseaux, en fragments de longueur convenable, et on les conserve sous l'eau, à l'abri de la lumière, dans des flacons à large goulot, en verre opaque ou recouvert de papier noir, en grès ou en métal.

ACIDE PHOSPHORIQUE. Cet acide, qui donne naissance aux phosphates, est la combinaison la plus importante du phosphore avec l'oxygène. On l'obtient anhydre par la combustion vive du phosphore dans l'air ou l'oxygène sec. Il est alors sous la forme de flocons blancs fortement déliquescents; une fois qu'il s'est formé de l'acide hydraté, on ne peut plus en séparer par l'action de la chaleur toute l'eau; il en retient encore 1 équivalent ou 25 p. 100 de son poids, après qu'il a été chauffé jusqu'à fusion; il est alors vitreux. C'est un acide énergique surtout à une température élevée parce qu'il peut la supporter sans se décomposer, ce que font seuls avec lui les acides silicique et borique. Il est réduit par le charbon, à la température rouge vif: c'est sur ce fait qu'est basée, comme nous l'avons vu, la préparation du phosphore.

PHOSPHURES. Les phosphures, combinaisons binaires du phosphore, ont l'éclat métallique; ils sont en général très fusibles; la plupart sont cassants; quelques-uns sont demi ductiles; la chaleur les ramène ordinairement à un minimum de phosphuration, PM^2, et en décompose totalement quelques-uns. L'acide nitrique, l'eau régale et le grillage les transforment en phosphates.

Ils sont très difficiles à préparer directement à cause de la grande inflammabilité et de la grande volatilité du phosphore. On en obtient beaucoup, soit en réduisant par le charbon les phosphates correspondants, soit en fondant au creuset brasqué, et au feu de forge, du métal en limailles ou de l'oxyde en poudre, avec 2 ou 3 fois son poids d'un mélange de 10 parties de phosphate de chaux, 5 p. de sable quarzeux, 5 p. de borax et 4 p. de charbon en poudre : le phosphate de chaux est réduit par le borax et la silice, au contact du charbon, et il se forme dans le creuset un phosphure recouvert par une scorie bien fusible, formée par un boro-silicate à base de chaux et de soude.

PHOTOGRAPHIE, DAGUERRÉOTYPIE. Il est peu de découvertes qui aient attiré plus vivement l'attention publique que celle par laquelle MM. *Niepce* et *Daguerre* parvinrent à fixer les images produites dans la chambre noire. Le gouvernement français ayant jugé convenable d'acheter aux inventeurs leurs procédés, et de les livrer à la publicité, il en est résulté que, bien que cet art nouveau compte à peine quelques années d'existence, il s'y est introduit d'immenses perfectionnements, et l'on est arrivé à des résultats que l'on n'osait pas même prévoir. Ainsi les épreuves du daguerréotype qui, dans le procédé primitif, exigeaient plusieurs minutes d'exposition dans la chambre noire, sont obtenues aujourd'hui en quelques secondes, grâce à l'emploi des substances accélératrices, ce qui a permis d'arriver à faire des portraits de la plus grande netteté, chose regardée dans l'origine, par les inventeurs eux-mêmes, comme une idée à peine réalisable. Enfin, les progrès actuels permettent de penser que l'on pourra bientôt substituer complétement le papier photogénique aux plaques métalliques, et que, dans un temps qui n'est peut-être pas bien éloigné, on arrivera à la solution du problème plus important encore de la reproduction de la nature avec toutes les couleurs.

Avant d'entrer dans aucun détail sur le daguerréotype, nous allons expliquer en quelques mots et d'une manière générale la théorie de cet instrument :

Si l'on prend une plaque d'argent ou de plaqué, bien décapée et polie, et qu'on la renverse sur une boîte sur le fond de laquelle on a répandu de l'iode, corps qui, comme on le sait, quoique solide, est très volatil, elle se recouvre d'une couche très mince d'iodure d'argent; lorsqu'on expose ensuite cette plaque, recouverte à sa surface d'une couche d'iodure d'argent, à l'action des rayons solaires, dans une chambre noire, l'iodure d'argent est modifié d'une manière plus ou moins profonde sur les diverses parties de la plaque, suivant l'intensité plus ou moins grande des rayons lumineux. Là où la lumière est plus vive, il y a production abondante de sous-iodure d'argent et émission d'iode repris par la plaque; là où doit apparaître une demi-teinte, la formation du sous-iodure est ralentie dans le même rapport que la diminution de la teinte elle-même; enfin, dans les ombres les plus noires, l'iodure d'argent n'est que très faiblement attaqué.

Lorsque cette action a été suffisamment prolongée, on retire la plaque de la chambre noire et on l'expose à la vapeur d'un bain de mercure modérément chauffé. Le mercure commence par réagir sur tout l'iodure d'argent qu'il rencontre sur la plaque. Nous venons de voir que cet iodure a été parfaitement conservé dans les noirs, mais les blancs en présentent aussi une certaine quantité, quoique beaucoup moindre; il est en effet dans les conditions d'une bonne épreuve, qu'il n'y ait pas été entièrement décomposé. Par la réaction de l'iodure d'argent sur le mercure, il se produit du proto-iodure vert de mercure et de l'argent métallique; dans les blancs ou parties qui ont été plus éclairées, il y a en outre réaction subséquente entre le proto-iodure de mercure et le sous-iodure d'argent formé dans la chambre noire par l'action chimique des rayons lumineux, et il se produit du deuto-iodure rouge de mercure, tandis que l'argent et une partie du mercure se réduisent, s'amalgament entre eux, et se déposent sur la plaque, mais sans s'y amalgamer. De ce qui précède, il résulte que, au sortir de cette opération, la plaque s'offre à l'œil avec une apparence noire ou verdâtre dans les ombres, là où le proto-iodure de mercure n'a point été décomposé, tandis qu'elle est rosée, et même souvent d'un rouge-vif, dans les blancs les plus intenses qui sont recouverts de deuto-iodure de mercure.

On lave ensuite la plaque dans une dissolution d'hyposulfite de soude qui dissout le deuto iodure de mercure, et décompose le proto-iodure, en deuto-iodure qui se dissout et en mercure métallique très divisé qui reste sur la plaque. Il va sans dire que toutes les opérations qui suivent l'exposition de la plaque iodée dans la chambre noire doivent être faites le plus rapidement possible et hors de l'action des rayons solaires.

Ainsi donc, en résumé, les blancs sont produits par une poussière d'une grande ténuité d'amalgame d'argent simplement déposé sur la plaque, et ils sont d'un ton d'autant plus vif, que cette poussière est plus abondante et plus riche en argent; quant aux noirs, ils sont le résultat du bruni du métal ainsi que du dépôt d'argent métallique extrêmement divisé, mêlé mécaniquement à une très grande quantité de mercure provenant du lavage à l'hyposulfite. D'autres personnes, et c'est le plus grand nombre, admettent une explication analogue à celles que nous venons de donner, à cela près qu'elles supposent que dans le lavage, l'hyposulfite de soude enlève intégralement le proto-iodure et le deuto-iodure de mercure, de sorte que les noirs seraient seulement produits par le bruni de la plaque et le dépôt d'argent métallique extrêmement divisé; et même, selon quelques-unes, au bruni seul de la plaque.

C'est ainsi que nous rendions compte, dans notre dernière édition, de la découverte de Daguerre. Depuis cette époque bien des modifications et des perfectionnements ont été introduits. Nous allons très succinctement parler des plus importants. Avant cela nous décrirons le *procédé actuel*. Puis nous parlerons successivement des différents papiers photographiques (*photographie sur papier*). La *photographie sur verre* (au collodion et à l'albumine) viendra ensuite. Nous dirons quelques mots des divers essais qui ont été tentés pour métamorphoser les épreuves en planches gravées (voyez GRAVURE), et nous terminerons en décrivant sommairement les procédés de *photo-lithographie*.

Objectif. La partie la plus essentielle de la chambre noire est sans contredit l'objectif; celui-ci doit être achromatique. Les objectifs pour vues, pour reproduction de gravures, d'objets d'art, ont en général un long foyer, l'étendue de l'image qu'ils donnent est un peu plus de la moitié de leur distance focale; avec un long foyer, les images sont plus grandes, mais aussi elles ont une lumière moins intense. On affaiblit encore cette lumière en plaçant à distance, et devant ces objectifs, des diaphragmes qui, en revanche, augmentent beaucoup la netteté de l'image; l'opération pour les vues est donc beaucoup plus lente que pour les portraits, mais on conçoit que la question de temps est à peu près indifférente alors qu'il s'agit de reproduire des objets inanimés.

Les objectifs à portraits, ou ceux destinés à reproduire des groupes, des animaux vivants, doivent avoir un foyer très court et un grand diamètre, afin d'opérer aussi rapidement que possible. Cependant il y a certaines limites qu'on ne peut dépasser impunément. Si l'objectif a un diamètre trop grand relativement à son foyer, l'image produite n'est nette qu'au centre.

Des substances accélératrices. M. Daguerre n'employait que l'iode pour rendre sensible à la lumière la plaque de doublé d'argent. On a combiné de mille manières l'iode, le chlore et le brome; il en est résulté une foule de composés qui ont pris le nom de ceux qui les ont proposés; nous citerons seulement par ordre de date : le chlorure d'iode de M. Claudet, l'eau bromée de M. Fizeau, le bromure d'iode de M. Gaudin aîné; substances toujours excellentes, mais auxquelles quelques opérateurs ont préféré depuis la liqueur Vaillat, la liqueur Thierry, lesquelles, à leur tour, sont presque exclusivement remplacées par le chloro-bromure de chaux de M. le baron Gros, lequel avait été précédé lui-même par le bromure de chaux proposé par M. Bingham.

Du fixage des épreuves. Une immense amélioration est due à M. H. Fizeau, amélioration qui a doublé la valeur de l'image daguerrienne en la rendant ineffaçable par l'emploi d'un sel d'or. Dans cette opération, une partie de l'argent se dissout; l'or en dissolution se précipite sur l'argent et sur les globules de mercure. Les noirs de l'image résultant du bruni de l'argent deviennent plus noirs, et les lumières formées par les globules de mercure augmentent de solidité et d'éclat.

PROCÉDÉ ACTUEL (1)

Par *procédé actuel* nous entendons décrire le procédé de Daguerre, c'est-à-dire la *photographie sur plaque de doublé d'argent*, avec toutes les modifications qu'on y a apportées, en un mot telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui par les meilleurs opérateurs. La plaque de doublé, par son harmonieuse dégradation des teintes, par la finesse des détails, par la rapidité de l'opération, est éminemment propre à reproduire les portraits et les objets d'histoire naturelle. La première opération consiste, après avoir fait choix d'une plaque de doublé, à abattre ses angles, à courber légèrement ses bords et à la fixer sur la planchette à polir. On la saupoudre de tripoli extrêmement fin (2), on y verse quelques gouttes d'alcool, puis avec un fort tampon de coton on promène la pâte qui en résulte sur toute la surface, de manière à la sécher le plus uniformément possible; cela fait, on recommence l'opération jusqu'à ce que la plaque soit devenue assez brillante.

Polissage. Ce n'est là que le poli préparatoire, le dernier s'obtient à l'aide d'une sorte de grand rabot en bois, long de 30 à 50 centimètres, sur lequel est collée une peau de daim préalablement dégraissée. Après avoir frotté plusieurs fois la plaque avec le tampon dont nous avons parlé, on la saupoudre de rouge à polir, et l'on promène vivement dessus un grand polissoir en peau. Ce frottement doit avoir lieu en croisant le sens du poli, et on doit le terminer dans un sens parallèle aux lignes horizontales de l'épreuve que l'on va exécuter. Le polissage est terminé quand la plaque a acquis un poli bien vif et sans raies.

Iodage. La plaque avivée comme nous venons de dire présente un beau poli. On l'expose au-dessus d'une double cuvette de porcelaine couverte d'une glace iodée, et contenant d'un côté de l'iode et de l'autre du chloro-bromure de chaux; on la place d'abord au-dessus de l'iode, la face polie du côté de cette substance; on la regarde de temps en temps et on la laisse jusqu'à ce qu'elle ait pris une teinte *jaune rosé*, ou *jaune orangé*. On la reporte alors au-dessus de la seconde cuvette, et on l'en retire quand elle a acquis la teinte lilas foncé pour la remettre de nouveau sur l'iode, où on la laisse, sans la regarder, un peu moins de temps qu'il n'en avait fallu d'abord pour obtenir la teinte jaune orangé. Il faut alors la garantir de toute lumière et la mettre dans le châssis à coulisse qui doit la recevoir.

Exposition à la chambre noire. Après avoir fait poser la personne, on dirige la chambre noire vers l'objet ou la vue que l'on désire reproduire; on regarde sur la glace dépolie l'image qui vient se peindre, on juge si l'éclairage est convenable, on ajuste au point de vue en éloignant ou en rapprochant ladite glace de l'objectif, puis on fixe le tiroir (3).

---

(1) Pour plus de détails, voyez les *Traités de photographie*, par MM. de Valicourt, baron Gros, Lerebours et Secretan, et autres, et le plus récent de tous (octobre 1853), *Derniers procédés du daguerréotype*, par F. Colas.

(2) La terre pourrie, la ponce sont également bonnes si elles sont porphyrisées.

(3) Dans toutes les reproductions, pour ne pas fausser les lignes de perspective, on doit avoir soin de mettre la chambre noire horizontalement. Cette condition embarrasse souvent les artistes, quand, placés devant un monument en hauteur, sans recul possible, ne pouvant s'élever au-dessus du sol, ils voudraient le prendre en entier; il est clair qu'alors il faut, ou se résigner à n'avoir sur l'épreuve que la partie inférieure du monument, ou bien consentir à avoir les lignes verticales inclinées, ce qui a fait dire que *les mo-*

Reprenons le châssis dans lequel nous avons mis notre plaque préparée, et substituons-le dans la chambre noire à la glace dépolie; on démasque la plaque, puis ensuite l'objectif. S'il s'agit d'une vue et que l'objectif ait environ 40 centimètres de foyer, l'exposition sera à peu près 7 minutes; si le foyer de l'objectif est plus long, l'exposition devra être prolongée; si, au contraire, l'objectif est destiné à faire des portraits, c'est-à dire s'il a un grand diamètre non diaphragmé et surtout un court foyer, l'opération sera beaucoup plus prompte; avec une belle lumière elle ne sera que de quelques secondes.

Quand l'opérateur juge que l'exposition à la lumière a été assez prolongée, il abaisse la trappe qui doit de nouveau préserver la plaque impressionnée de toute lumière étrangère, et il la met dans la boîte à mercure.

Boîte à mercure. Dans le fond de cette boîte se trouve une capsule en tôle contenant du mercure que l'on chauffe à 60 degrés environ, en promenant dessous une lampe à l'alcool; au bout de 3 à 4 minutes l'image est complétement formée; si on la laissait plus longtemps elle se voilerait : en l'éclairant avec une bougie à travers un verre jaune, on peut assister à sa formation.

Lavage à l'hyposulfite de soude. On verse à grands flots cette dissolution sur la plaque, et à l'instant elle se trouve débarrassée de la couche d'iode et de brome; on la lave ensuite à grande eau, et on la place sur le pied à fixer.

Fixage au chlorure d'or. Cette opération n'existait pas dans le procédé de M. Daguerre; elle a pour but d'augmenter la valeur de ton de l'épreuve et de la rendre ineffaçable.

On place l'épreuve sur un support dont on établit l'horizontalité à l'aide de trois vis à caler; on verse la dissolution sur la plaque de manière à ce qu'elle en soit couverte, on chauffe en dessous avec une lampe à l'esprit de vin et on l'arrose aussitôt après le dégagement d'assez fortes bulles et un peu avant l'ébullition; il serait dangereux de trop chauffer, l'épreuve pourrait se voiler ou la plaque d'argent s'exfolier : l'épreuve serait alors complétement perdue.

MM. Fordos et Gélis ont substitué au chlorure un sel d'or, dont la préparation est plus facile. Il s'emploie absolument de la même manière.

L'épreuve étant fixée, on la lave à grande eau, puis à l'eau distillée, et il ne reste plus qu'à l'encadrer.

DES PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES (1).

La photographie sur papier est sans aucun doute celle qui, sous tous les rapports, a le plus d'avenir : facilité et sécurité du transport, simplicité de l'opération sur le terrain, voilà les supériorités qu'elle a incontestablement sur ses deux rivales, la daguerréotypie et la photographie sur verre; elle partage, avec cette dernière, l'avantage attaché à la reproduction d'un nombre indéfini de positifs provenant d'une seule épreuve négative bien réussie.

Déjà Charles, en France, Wegwood et Davy, en Angleterre, avaient obtenu directement et par transparence les images de certains corps par l'emploi du chlorure d'argent; mais ces images ne pouvaient être fixées, et d'ailleurs, de là à obtenir des images à la chambre noire, il y avait un abîme; aussi ces tentatives furent-elles abandonnées. C'est M. Talbot, en Angleterre, qui a le premier trouvé des matières assez impressionnables pour reproduire sur le papier les images si délicates de la chambre noire; c'est lui aussi qui, le premier, est parvenu à les fixer et à les rendre inaltérables. Pendant que Niepce et Daguerre travaillaient de leur côté, M. Talbot travaillait du sien. Disons, toutefois, qu'alors que Daguerre présentait son procédé, M. Talbot n'en était encore qu'aux images obtenues par transparence; mais grâce à sa persévérance, il ne tarda pas à donner une méthode complète qui, depuis, a servi de base à la photographie sur papier.

En France, M. Bayard est le premier qui s'en soit occupé avec succès; MM. Blanquard-Evrard et Legray lui ont fait faire d'immenses progrès. Une foule de personnes ont proposé divers procédés; nous citerons seulement MM. Huut, Herschell et Bayard, Talbot et Legray. Nous allons décrire sommairement le procédé de M. Talbot, parce qu'il est la base de toutes les méthodes photographiques, et ensuite celui de M. Legray, parce que, selon nous, il est le résumé de tous les perfectionnements.

PAPIER DE M. TALBOT. — *Du papier calotype. Première opération.* Après avoir fait choix du papier, qui doit être d'une belle pâte égale et bien homogène, on fait sur l'un des angles une marque au crayon, afin de reconnaître plus tard le côté sur lequel la préparation a été appliquée, puis avec un pinceau bien doux, on lave la feuille de papier, absolument comme si on faisait un ciel uni à l'aquarelle, avec une solution composée de 100 grains anglais de nitrate d'argent et de 6 onces d'eau distillée (1). Quand il est sec on le trempe dans une dissolution de 1 partie d'iodure de potassium dans 16 parties d'eau; enfin on le plonge dans un vase plein d'eau. C'est là le papier iodé, on le fait sécher à l'abri de la lumière et on le conserve dans un portefeuille.

Deuxième opération. Quand on veut faire une épreuve on mêle, parties égales, d'une solution de 100 grains de nitrate d'argent dans 2 onces d'eau distillée, et d'une autre solution d'eau distillée saturée d'acide gallique cristallisé. Puis, avec un pinceau neuf, on passe ce *gallo-nitrate* d'argent sur la feuille de papier comme pour la première préparation; on le laisse s'imbiber pendant environ une demi-minute, puis on le plonge dans l'eau, on le sèche ensuite avec du papier buvard et il est prêt à être mis à la chambre noire. C'est là le papier calotype.

Troisième opération. La durée de l'exposition à la chambre noire ne peut être fixée, elle varie suivant le foyer de l'objectif employé et suivant l'éclairage de l'objet.

Quand on retire la feuille de papier de la chambre noire, il n'y a aucune trace d'image; on la fait développer en la lavant de nouveau avec le gallo-nitrate d'argent, et en l'exposant pendant une ou deux minutes devant un feu doux : on verra alors tous les détails du tableau apparaître comme par enchantement.

Quatrième opération. Il reste à fixer l'épreuve; pour cela on la plonge d'abord dans l'eau, puis dans une dissolution composée de 10 onces d'eau et de 100 grains de bromure de potassium. On la lave de nouveau dans l'eau et on la sèche.

Cinquième opération. L'image ainsi obtenue est négative, c'est-à-dire que les parties blanches des objets sont représentées par des noirs, et réciproquement. Mais si on place sous cette épreuve une feuille de papier calotype, cette feuille nouvelle deviendra une épreuve dans laquelle les ombres et les lumières seront dans l'ordre naturel.

Plutôt que d'employer à ces reproductions du papier calotype, M. Talbot indique comme meilleure la préparation suivante :

numents pris au daguerréotype ont l'air de tomber à la renverse; on aurait dû ajouter : *les monuments mal pris.*

(1) Voyez les *Traités de photographie*, par MM. Blanquard-Evrard, Legray, etc.

(1) Mesures anglaises.

Faites dissoudre 25 grains de sel commun dans une once d'eau distillée; faites tremper les feuilles de papier pendant quelque temps, et séchez-les avec le papier buvard. On fait une seconde dissolution composée de 90 grains de nitrate d'argent dans une once d'eau, et avec un pinceau on l'étend sur le papier; on laisse sécher et on passe une seconde couche, si l'on veut augmenter la sensibilité.

PAPIER DE M. LEGRAY. De même que pour le procédé de M. Talbot, nous allons nous occuper d'abord de la préparation du papier négatif.

Opération préliminaire. L'innovation la plus importante introduite par M. Legray est sans aucun doute le cirage du papier négatif, avant qu'il ait reçu aucune préparation. En effet le papier ciré est ferme et résistant comme le parchemin, ce qui facilite beaucoup les manipulations subséquentes; il se conserve prêt a mettre à la chambre noire pendant plus de huit jours, et l'on peut attendre le même temps pour faire développer l'image; enfin il donne des noirs très intenses et des demi-teintes très harmonieuses.

On fait fondre de la cire vierge dans une bassine plate en doublé d'argent, puis on applique la feuille de papier à la surface, en la laissant tomber d'elle-même; quand elle est bien imbibée, on la retire lentement et on la place entre du papier buvard; on prend un fer à repasser modérément chaud, et on le promène sur le buvard, de manière à enlever l'excès de cire.

Comme dans la photographie, la beauté des épreuves dépend de la pureté des images négatives, il faut apporter un grand soin dans le choix du papier. Il doit avoir une grande finesse de grain et être d'une pâte bien égale. En Angleterre on emploie le papier Watman, qui est plus égal, mais qui est aussi plus lent que le papier français. Ici on se sert des premières qualités de papier d'Angoulême ou d'Annonay; pour le négatif il ne faut pas le prendre trop fort, et l'on doit rejeter toutes les feuilles qui contiennent des impuretés.

Première opération. Faites cuire, jusqu'à ce qu'il soit crevé, 200 grammes de riz dans 3 litres d'eau distillée, ajoutez-y 20 grammes de colle de poisson, filtrez et dans ce liquide faites dissoudre :

Sucre de lait.	45gr00
Iodure de potassium.	15 ,00
Cyanure de potassium	00 ,80
Fluorure de potassium. . . .	00 ,50

Quand tout est bien dissous, filtrez à travers un linge fin. Ce liquide se conserve fort longtemps. Pour s'en servir, on le verse dans un grand plat, ou mieux dans une bassine haute de 4 à 5 centimètres, en gutta-percha ou en porcelaine; on y plonge les feuilles de papier que l'on veut préparer, en ayant grand soin qu'il ne reste pas entre elles une seule bulle d'air. On les laisse tremper environ une demi-heure, on les retourne toutes ensemble et on les retire une à une, en commençant par conséquent par la première qui a été plongée dans le bain. Cette préparation, n'étant pas très sensible à la lumière, peut se faire dans une pièce au nord faiblement éclairée. Le papier qui a subi cette première préparation est appelé par les photographes *papier ioduré*. Il doit être conservé à l'abri de la lumière.

Deuxième opération. Voici comment M. Legray décrit cette préparation. « Faites à l'obscurité et à la lumière d'une bougie la dissolution suivante, dans un flacon bouché à l'émeri :

Eau distillée.	300 gr.
Azotate d'argent.	20
Acide acétique cristallisable. . .	24
Noir animal.	8

« L'acide acétique s'ajoute quand l'azotate d'argent est dissous, puis ensuite le noir animal.

PHOTOGRAPHIE.

« On agite le flacon et on laisse reposer une demi-heure. Après ce temps, le noir animal est tombé au fond du flacon, et le liquide est prêt pour l'usage.

« Au moment de préparer le papier, vous filtrerez la partie la plus claire du liquide, en ayant soin de laisser le noir animal au fond du flacon. Ce noir servira, jusqu'à épuisement de la solution, à la décolorer et à la rendre limpide, après les subséquentes préparations de papier qu'on y aura faites.

« On doit observer de ne préparer dans ce bain d'acéto-azotate d'argent qu'un nombre de feuilles d'une grandeur de 25 centimètres sur 35, égal à la quantité de grammes d'azotate d'argent employée, c'est-à-dire que la solution précédemment indiquée, contenant 20 grammes d'azotate d'argent, ne doit servir que pour vingt feuilles de cette dimension.

« L'acéto-azotate d'argent étant filtré, on prend deux cuvettes en porcelaine un peu profondes et bien nettoyées.

« Dans la première, on verse 1 ou 2 centimètres d'épaisseur d'acéto-azotate d'argent; dans la seconde, on verse de l'eau distillée.

« Vous déposez sur le bain d'acéto-azotate d'argent une feuille de papier ciré et ioduré, puis, avec un pinceau de soies de porc qui ne soient pas reliées avec du fil de métal, mais bien avec du fil de chanvre vernissé au copal, vous ferez enfoncer la feuille dans le liquide, chassant avec soin les bulles d'air, et vous l'y laisserez 4 ou 5 minutes. Si le papier ioduré est teinté en violet, ce qui vaut mieux, vous le retirerez aussitôt qu'il sera devenu blanc; vous aurez ainsi le maximum de sensibilité.

« Vous retirerez alors le papier immédiatement du bain d'argent et vous le mettrez dans la seconde cuvette d'eau distillée, en chassant également avec soin les bulles d'air avec un autre pinceau, qui ne doit servir que pour cet usage.

« Vous pouvez préparer ainsi dix feuilles l'une après l'autre dans le bain d'argent sans le filtrer de nouveau, et les mettre ensemble l'une sur l'autre dans la bassine d'eau distillée.

« Arrivé à ce nombre, vous soutenez avec le pinceau vos feuilles au fond de la bassine d'eau, et vous versez dessus de nouvelle eau distillée que vous renouvelez encore une fois si vous devez conserver votre papier longtemps avant de vous en servir. »

Troisième opération. On ajuste au foyer sur la glace dépolie de la chambre noire, et on lui substitue le châssis portant la feuille de papier qui a été placée entre deux glaces minces.

La durée de l'exposition à la chambre noire ne peut se préciser. Pour un objectif à portrait, il faut, à l'ombre, de 30 secondes à 2 minutes; au soleil, de 10 secondes à 30 secondes.

Pour un paysage, avec un objectif d'environ 60 centimètres de foyer donnant de grandes images, il faut de 5 à 10 minutes au soleil; si c'est un intérieur de forêt, il faudra, avec le même objectif, de 15 à 30 minutes.

Quatrième opération. Après avoir retiré la feuille de la chambre noire, on fait développer l'image avec l'acide gallique. Pour cela, dans une cuvette en porcelaine ou en gutta-percha, on verse environ un demi-litre d'eau, plus ou moins, suivant la grandeur de l'épreuve, et, dans cette quantité d'eau, on met à peu près 50 centigrammes d'acide gallique. On agite le tout avec un pinceau, et avec le même pinceau on plonge l'épreuve, de manière à ce qu'il ne reste pas de bulle d'air adhérente au papier.

Le séjour dans l'acide gallique varie, en général, de 10 minutes à quelques heures; on devra la retirer quand elle a acquis une grande vigueur et quand les contrastes du noir au blanc sont bien apparents.

Si les grandes lumières, qui doivent être les noires

du négatif, ont la même valeur que les demi-teintes, c'est que l'épreuve est restée trop longtemps à la chambre noire.

Si le temps a été trop court, les plus vives lumières sont seules indiquées. Une première épreuve peut donc servir à régler le temps convenable à la chambre noire. Au reste, ici, la durée de l'exposition a beaucoup moins d'importance que pour le daguerréotype, puisque sauf un temps beaucoup trop court ou beaucoup trop long, le séjour plus ou moins prolongé dans l'acide gallique permet presque toujours de faire développer l'épreuve au point le plus convenable.

Cinquième opération. Il s'agit de fixer l'image qu'on vient d'obtenir. Pour cela on verse dans une bassine une solution faite avec 800 grammes d'eau filtrée et 100 grammes d'hyposulfite ; on y plonge l'épreuve en la retournant plusieurs fois, pour être bien assuré qu'il ne reste pas de bulles d'air. L'hyposulfite s'empare de l'iodure d'argent, et n'attaque pas le gallate d'argent qui forme les noirs ; aussi l'épreuve ne tarde-t-elle pas à perdre la teinte jaune qu'elle avait et à acquérir une transparence plus grande, quoique granuleuse.

De même que pour la préparation précédente, on ne doit mettre à la fois qu'une seule épreuve dans la dissolution ; mais celle-ci peut être employée fort longtemps, pour d'autres épreuves, tandis que la dissolution d'acide gallique ne doit servir que pour une seule.

Quand l'épreuve est parfaitement blanche dans toutes ses parties, ce qui demande environ trois quarts d'heure, on lave l'épreuve à plusieurs eaux, on la laisse dégorger dans une nouvelle eau pendant une heure ou deux, et on l'éponge avec du papier buvard : elle est alors inaltérable.

La sixième opération a pour but de faire disparaître l'aspect grenu que conserve l'épreuve en sortant de l'hyposulfite ; on y parvient en allumant quelques feuilles de mauvais papier devant lesquelles on la présente. On arrive au même résultat en la tenant, par deux angles opposés, au-dessus d'un réchaud de charbon ; la cire, en fondant, redonne à l'image une nouvelle transparence.

La première et deuxième opération du papier positif étant un peu compliquées, nous aimons mieux la donner telle qu'elle se trouve dans le traité de M. Legray.

« Faites d'abord une solution salée dans les proportions suivantes :

Hydrochlorate d'ammoniaque. .	5 gr.
Eau distillée.	100

« Mettez 4 à 5 millimètres d'épaisseur de cette solution dans un plateau.

« Faites ensuite une autre solution d'argent contenant :

Azotate d'argent fondu blanc. .	15 gr.
Eau distillée.	100

« Vous en verserez dans un autre plateau la même épaisseur.

« Ayez du papier un peu épais, 15 kilogrammes la rame, que vous avez préalablement coupé à grandeur convenable, et choisi exempt de taches de fer et d'impuretés.

« Choisissez-en l'envers et le marquez d'une croix. On le reconnaît facilement ; c'est le côté qui porte sur la toile métallique servant à la fabrication, et dont la trame reste imprimée dessus. Cette trame se voit en regardant le papier à un jour frisant.

« Le meilleur papier pour cette opération est celui des frères Canson. Le papier anglais est moins bon, et ne doit être employé que lorsqu'on veut obtenir des tons rouges.

« Placez d'abord l'endroit du papier sur le bain de chlorure, de manière qu'il ne passe pas de liquide sur l'envers, et l'y laissez 2 à 4 minutes ; puis vous l'asséchez entre plusieurs feuilles de buvard rose, en frictionnant avec la main.

« Préparez ainsi trois feuilles avant de commencer à les mettre sur le bain de nitrate d'argent, afin que toute trace d'humidité soit bien enlevée.

« Vous prenez alors la première feuille préparée, et avec un gros blaireau un peu dur vous frottez le côté salé, pour enlever toutes les impuretés qui pourraient y adhérer.

« Je préfère le papier buvard rose au blanc, parce qu'il me permet de voir les parties qui s'en sont détachées et de les enlever.

« Mettez alors cette feuille sur l'azotate d'argent du côté salé seulement, et l'y laissez le temps de préparer une autre feuille sur le sel.

« En laissant peu de temps sur l'azotate d'argent, on obtient des tons rouges ; en prolongeant, au contraire, son action, on a des tons plus noirs.

« On égoutte ensuite le papier et on le fait sécher en le pendant par un angle.

« Cette préparation doit être faite dans l'obscurité, à la lumière d'une bougie seulement.

« Il faut avoir soin que le papier positif soit bien sec avant de mettre un cliché dessus, ce qui le perdrait en le tachant d'azotate d'argent.

« Il vaut donc mieux préparer ce papier le soir pour s'en servir le lendemain. Si on le prépare au moment, il faut le bien sécher avec une lampe à esprit de vin.

« Il ne faut pas non plus en préparer pour plus de huit jours à l'avance, le temps le faisant noircir, même dans l'obscurité.

« Si on a un grand nombre d'épreuves positives à faire, on peut accélérer la préparation du papier positif en faisant d'abord subir au papier le bain de sel, et laissant sécher en suspendant par un angle.

« Cette opération peut se faire d'avance ; quand il l'a subie, le papier peut se conserver très longtemps avant de recevoir le bain d'azotate d'argent.

« Dans ce cas, il est bon de ne mettre que 4 pour 100 de sel dans le premier bain d'eau salée. Le bain d'argent reste le même, et ne se donne que quelques heures avant de se servir du papier (1). »

Troisième opération. Elle consiste dans le tirage de l'épreuve positive. On emploie pour cette reproduction une presse formée de deux glaces épaisses ; on place le papier positif sur l'une des glaces, puis par-dessus l'épreuve négative, puis par-dessus le tout la seconde glace ; on exerce une certaine pression afin d'éviter les plis, et on expose à la lumière. Il faut que le papier positif soit bien sec, sans quoi l'azotate d'argent viendrait gâter le négatif.

On a soin de laisser déborder le papier positif, et, d'après les différentes teintes que les bords prennent successivement à la lumière, on juge des progrès de l'opération. L'expérience seule peut indiquer le ton le plus convenable, puisqu'il varie suivant l'intensité du négatif et suivant la vigueur de l'image qu'on veut obtenir. Il faut toujours faire développer l'image, de façon à ce qu'elle ait une plus grande vigueur que celle désirée, car l'opération suivante l'affaiblit beaucoup.

Quatrième et dernière opération. On fait dissoudre dans un flacon 100 grammes d'hyposulfite, 600 grammes d'eau filtrée.

Dans un autre flacon vous faites dissoudre dans deux verres d'eau 18 grammes d'azotate d'argent, vous ajoutez une solution de chlorure de sodium, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité blanc. Vous décantez le

(1) Dans les jours de mauvais temps, on peut employer le papier négatif non ciré et sec pour tirer les positifs. Une pose de quelques secondes au soleil et d'une minute à l'ombre suffit. L'épreuve se développe à l'acide gallique acidulé d'acide acétique et se fixe à l'hyposulfite de soude.

PHOTOGRAPHIE.

liquide, vous recueillez le précipité, vous l'étendez dans une capsule, et après l'avoir fait sécher et noircir au soleil, l'ajoutez à la solution d'hyposulfite.

Cette addition de chlorure d'argent dans la solution d'hyposulfite neuf a pour but de donner de beaux noirs. On obtient des tons différents suivant que le séjour dans le bain est plus ou moins prolongé ; ils sont d'abord couleur chocolat, puis, si l'épreuve a été tirée assez vigoureuse, au bout d'une heure, temps nécessaire pour obtenir une bonne fixation, les parties les plus sombres deviennent d'un beau noir. Si on prolongeait l'opération au delà de ce temps, toujours en supposant que l'épreuve a été tirée très vigoureuse, les noirs et l'ensemble de l'image deviendraient d'un ton de sépia, puis enfin jaunâtres.

Quand l'épreuve est arrivée au ton convenable, on la retire, on la lave à plusieurs eaux et on la fait macérer pendant plusieurs heures dans une nouvelle eau, jusqu'à ce que, en la portant à la langue, elle ait perdu entièrement le goût âcre de l'hyposulfite. On la sèche alors avec du papier buvard, et elle est terminée.

PHOTOGRAPHIE SUR VERRE.

L'emploi du verre ou plutôt des glaces minces a ses avantages et ses inconvénients. Les épreuves sur verre ont la finesse des épreuves daguerriennes. Pour certaines reproductions elles ont donc la supériorité sur les négatifs obtenus avec le papier. Dans un voyage il ne faut guère songer à emporter avec soi 2 ou 300 glaces, tandis que 2 ou 300 feuilles de papier peuvent se renfermer dans un portefeuille.

Il y a deux méthodes pour obtenir des négatifs sur verre : la première, due à M. Niepce de Saint-Victor, consiste dans l'emploi de l'albumine ; dans la seconde, dont plusieurs auteurs se disputent la priorité, on emploie le collodion.

La première est préférable pour les vues ; en outre les préparations peuvent être faites à l'avance. Le collodion doit se préparer à l'instant même, sa sensibilité le rend bien supérieur pour les portraits à toutes les autres préparations.

Comme pour la photographie sur papier, la photographie sur verre consiste : 1° à rendre la surface sensible à la lumière ; 2° à exposer cette couche sensible à la chambre noire ; 3° à faire développer l'image ; 4° à rendre cette image inaltérable à l'action de la lumière.

Photographie sur verre, à l'albumine. Prenez des blancs d'œufs, ajoutez-y 100 grammes d'iodure de potassium ou d'iodure d'ammoniaque ; battez en neige ce mélange ; laissez-le reposer une nuit, et le lendemain décantez le liquide visqueux qui s'est déposé, pour vous en servir à la préparation de vos glaces.

Avant d'appliquer la préparation sur la glace, il faut avoir soin de la bien laver à l'eau et de l'essuyer parfaitement avec du papier de soie.

On la pose alors sur une feuille de papier blanc, et on la polit parfaitement avec un tampon de coton en évitant de la toucher avec les doigts.

La réussite de l'épreuve est due en grande partie à l'égalité de la couche d'albumine et à la propreté de la glace. Quand on a obtenu une couche égale et infiniment mince, on la retourne sens dessus dessous et on la laisse sécher à l'abri de la poussière.

Pour *sensibiliser* cette couche d'albumine, on la plonge d'un seul coup dans une cuve verticale de gutta percha contenant le bain suivant :

Eau distillée.	300 gr.
Azotate d'argent.	24
Acide acétique.	30

Après avoir laissé tremper la glace deux ou trois minutes, on la retire, on la laisse sécher dans l'obscurité, et elle peut se conserver dans cet état deux ou trois jours avant d'être mise dans la chambre noire.

L'opération à la chambre noire ne demande aucune explication particulière ; seulement l'exposition dure un peu plus longtemps que pour le papier ciré.

Le développement de l'image s'obtient soit avec un bain d'acide gallique, soit avec un bain saturé de protosulfate de fer.

L'épreuve se fixe par les mêmes procédés que l'image négative sur papier.

Les positifs se tirent de la même façon.

Du collodion. Le collodion photographique employé par M. Legray est composé à peu près comme il suit :

Éther sulfurique à 62 degrés.	100 gr.
Alcool pur à 36 degrés. . . .	25
Coton poudre.	2
Ammoniaque liquide.	5 gouttes.
Iodure d'ammoniaque en sel.	1 gr.

M. de Brébisson emploie les proportions suivantes :

Coton poudre bien sec. . . .	1 gr.
Ether sulfurique.	60 cent. cub.
Alcool (33 degrés).	15
Solution alcoolique saturée d'iodure de potassium. . . .	10

On ajoute une ou deux gouttes d'ammoniaque quand on craint que le coton soit acide.

Quand ce collodion est trop épais, on ajoute 15 centimètres cubes d'éther sulfurique et même quantité d'alcool.

M. de Brébisson laisse reposer ce mélange pendant environ 12 heures, puis il le décante dans un flacon bouché avec soin.

Pour le rendre photographique, il y ajoute un iodure quelconque, mais de préférence un mélange d'iodure de potassium et d'iodure de fer.

Les glaces étant bien lavées, on les frotte avec un tampon imbibé d'alcool dans lequel se trouve du tripoli ; on continue ce ponçage jusqu'à dessiccation ; on termine en l'essuyant avec une peau de chamois qui ne sert qu'à cet usage.

On verse le collodion sur la glace, et la seule difficulté consiste à obtenir une couche mince et bien régulière.

Nous ne décrirons pas les différents tours de main employés pour arriver à ce résultat : nous nous contenterons de dire qu'on fait écouler l'excédant du liquide par un des angles de la glace ; dans cette opération, il faut éviter la formation des stries en faisant varier l'inclinaison de la glace.

Aussitôt que la couche est prise, mais avant qu'elle soit sèche, on la plonge dans le bain qui doit lui donner de la sensibilité.

Ce bain est composé de :

Azotate d'argent.	8 à 10 gr.
Eau distillée.	100

Comme pour l'albumine, il faut plonger la glace d'un seul coup.

On la laisse dans le bain quatre à cinq minutes, jusqu'à ce qu'elle soit devenue blanchâtre, et qu'elle ait perdu son aspect huileux ; on la met alors dans le châssis de la chambre noire pour l'employer le plus promptement possible.

Le temps de l'exposition à la chambre noire ne peut se préciser ; cela dépend du foyer et de l'ouverture des objectifs. On n'oubliera pas seulement qu'avec son maximum de sensibilité, le collodion est plus rapide que la plaque daguerrienne.

Développement de l'image. Pour cette opération, on emploie l'acide gallique ou l'acide pyrogallique, ou le protosulfate de fer.

MM. de Brebisson, Gaudin et Laborde se sont livrés à un très grand nombre d'essais pour développer l'image; mais les trois corps que nous venons de nommer sont généralement les seuls employés pour cette opération.

La fixation de l'image négative s'obtient avec une solution de bromure ou d'iodure de potassium; on peut aussi employer une solution composée de 10 grammes d'hyposulfite, et de 100 grammes d'eau.

La couche de collodion s'éraille facilement. Pour la consolider avant d'en tirer des épreuves positives, il convient d'y appliquer un vernis quelconque, connu sous le nom de *fixateur*. 2 à 3 grammes de gomme arabique dissous dans 30 grammes d'eau donnent un très bon enduit.

On verse cette dissolution sur l'image; on la fait égoutter par un des angles, et on la laisse sécher librement à l'abri de la poussière.

Les positifs sur papier s'obtiennent comme ceux tirés de négatifs sur papier.

DU STÉRÉOSCOPE.

La découverte du stéréoscope vient, dans ces derniers temps, de donner une nouvelle impulsion à la photographie.

On sait que le stéréoscope est un instrument qui fait voir avec un véritable relief deux images photographiques un peu dissemblables, d'une vue quelconque.

La découverte du stéréoscope est due à sir David Brewster. La fig. 2018 en donne une idée; en A et en B on applique les yeux, comme si l'on regardait dans une jumelle. Au lieu d'oculaires, il y a deux lentilles convexes prismatiques, qui amplifient les deux images placées en C et en D, et qui sont disposées de façon à produire l'impression d'une seule image. Seulement, comme ces deux images ne sont pas tout à fait identiques, étant prises de deux points différents, il en résulte une image en relief comme l'objet lui-même.

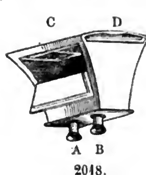
Les fig. 2019 et 2020 représentent la chambre binoculaire imaginée par M. Claudet pour la production des épreuves stéréoscopiques.

Les deux chambres obscures sont portées par deux pivots ronds, verticaux, qui entrent à frottement doux dans deux cavités cylindriques creusées aux extrémités de deux bras assemblés comme les deux branches d'un compas; les chambres tournent librement autour des axes, de sorte que leurs axes optiques peuvent regarder tour à tour tous les points de l'horizon; les deux bras peuvent aussi tourner autour de leur axe central commun, et cette rotation suffit à elle seule pour amener les axes optiques des objectifs, d'abord parallèles, à faire entre eux un angle de 33 degrés.

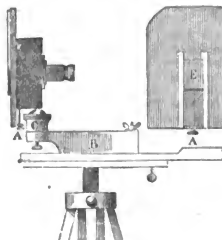
Le compas est installé sur la planchette d'un pied du daguerréotype ordinaire, autour de l'axe duquel l'ensemble des deux chambres peut décrire un cercle entier; un coin placé sous la planchette permet enfin de lui donner diverses inclinaisons. La longueur des bras est suffisante pour les distances auxquelles on opère le plus ordinairement, et rien n'empêcherait de les étendre assez pour qu'on pût opérer à des distances quelconques.

La distance des centres des deux objectifs n'est pas limitée à la distance des deux yeux qui ne suffit pas évidemment à produire tout l'effet de relief désirable; les axes optiques des objectifs peuvent être amenés à des degrés de convergence ou de divergence qui suffiraient pour la pratique ordinaire. Les deux images dissemblables sont produites à la fois dans les mêmes conditions de lumière et d'ombre : elles sont aussi exactement de même grandeur, car les objectifs jumeaux ont dû être bien choisis.

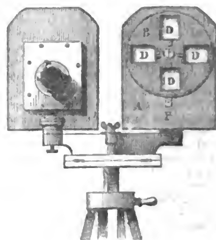
M. Claudet a rendu ce moyen plus excellent encore en y ajoutant le mécanisme de son multiplicateur, qui permet, sans rien changer à la position de l'appareil, de substituer, dans un temps très court, et par la seule rotation d'un bouton, une plaque nouvelle à la plaque impressionnée, de telle sorte que l'on puisse obtenir très rapidement quatre épreuves accouplées pour le stéréoscope. Nous ne nous arrêterons pas à décrire ce mécanisme que la seule inspection du dessin fera parfaitement comprendre : la plaque qui reçoit actuellement l'image est la plaque inférieure, dont le centre correspond exactement au centre de l'objectif. Les innombrables portraits et vues stéréoscopiques pris par M. Claudet, et qui ont été tant admirés, témoignent de l'excellence de sa méthode et de sa rare habileté.



2018.



2019.



2020.

Les effets admirables du stéréoscope peuvent seuls donner une idée exacte des proportions d'un objet en relief; que ce soit une statue, une vue, un portrait ou un objet d'histoire naturelle! Aussi, voit-on chaque jour de nouvelles applications de cet instrument.

DE LA GRAVURE.

Niepce, le collaborateur de Daguerre, sentit le premier de quelle importance serait l'application de la gravure aux images héliographiques. Il se servait de bitume de Judée dissous dans l'essence de lavande, il appliquait ce vernis au tampon sur des plaques de cuivre ou d'étain, puis il appliquait le recto d'une gravure sur la plaque et il exposait à la lumière; après quelques heures d'exposition, il lavait la plaque avec un dissolvant composé d'huile de pétrole et d'essence de lavande. Cette opération avait pour but d'enlever le vernis de toutes les parties qui avaient été préservées de la lumière, tandis que celles qui avaient été impressionnées devenaient insolubles. Le procédé de M. Niepce

était des plus ingénieux, mais les résultats obtenus par lui ne confirmèrent pas l'espoir qu'il en avait conçu.

Depuis la formation des images sur plaque de doublé, le *docteur Donné* s'est livré à de nombreux essais pour transformer les épreuves daguerriennes en planches gravées. L'agent employé était l'acide nitrique étendu d'eau. *M. Berres* a indiqué un procédé à peu près semblable, mais tous deux avaient les inconvénients suivants. Si l'on cesse de faire mordre trop tôt, les noirs n'ont aucune vigueur; si on la prolonge un peu trop, les blancs sont attaqués et deviennent gris. La difficulté de ménager les blancs a fait renoncer à ces procédés.

M. Grove a proposé un moyen extrêmement ingénieux fondé sur la galvanoplastie, mais il offre de grandes difficultés.

Voici le procédé beaucoup plus compliqué, mais aussi beaucoup plus parfait de *M. H. Fizeau* :

« Un acide mixte, composé avec les acides nitrique, nitreux et chlorhydrique (ces deux derniers pouvant être remplacés par du nitrite de potasse et du sel marin), jouit précisément de la propriété désirable, laquelle appartient également à une dissolution de bichlorure de cuivre, mais d'une manière moins parfaite.

« Lorsqu'on soumet une image daguerrienne, dont la surface est bien pure, à l'action de cet acide, surtout à chaud, les parties blanches ne sont pas altérées, tandis que les parties noires sont attaquées avec formation de chlorure d'argent adhérent, dont la couche insoluble arrête bientôt l'action de l'acide.

« Une dissolution d'ammoniaque, employée alors, entraîne cette couche de chlorure d'argent et permet de soumettre de nouveau la planche à l'action du même acide, qui, agissant de la même manière, augmente la profondeur des parties noires.

« En opérant ainsi en plusieurs fois, on parvient à transformer la planche daguerrienne en une planche gravée d'une grande perfection, mais généralement de peu de profondeur, de sorte que les épreuves imprimées sur papier n'ont pas la vigueur convenable.

« A cette première opération il a donc été nécessaire d'en ajouter une seconde, qui permet de creuser plus profondément les parties noires de l'image. Cette seconde opération consiste à dorer les parties saillantes, ou les blancs de la planche gravée, et à laisser l'argent à nu dans les creux, ce qui permet d'en augmenter la profondeur par l'action d'un simple dissolvant de l'argent.

« Pour obtenir ce résultat, la planche gravée peu profonde dont je viens de parler est graissée avec une huile siccative, de l'huile de lin, puis essuyée à la manière des imprimeurs en taille-douce; de cette manière l'huile reste dans les creux seulement, et y forme un vernis qui ne tarde pas à sécher.

« Dorant alors la planche par les procédés électro-chimiques, on voit l'or se déposer sur toute la surface de la planche, excepté dans les parties creuses protégées par le vernis d'huile de lin. Après ce dorage, l'huile de lin est enlevée par de la potasse caustique.

« Il résulte de là que la planche gravée a toutes ses parties saillantes protégées par une couche d'or; ses parties creuses, au contraire, présentent l'argent à nu.

« Il est dès lors facile, en traitant la planche par l'acide nitrique, d'attaquer ces parties creuses seulement et d'en augmenter ainsi à volonté la profondeur.

« Avant ce traitement par l'acide nitrique, la planche dorée est couverte par ce que les graveurs appellent un grain de résine, ce qui produit, dans le métal attaqué, ces nombreuses inégalités que l'on appelle grain de la gravure.

« Il résulte de ces deux opérations principales que la planche daguerrienne est transformée en une planche gravée tout à fait semblable aux planches gravées à l'aquatinte, et dès lors pouvant, comme elles, fournir par l'impression un nombre considérable d'épreuves.

« Cependant l'argent étant un métal peu dur, le nombre des épreuves serait encore assez limité si un moyen très simple ne permettait de soustraire la planche photographique à l'usure déterminée par le travail de l'impression.

« En effet, pour atteindre ce but il suffit, avant de livrer la planche à l'imprimeur, de cuivrer sa surface par les procédés électro-chimiques; de cette manière il est évident que la couche de cuivre supporte seule l'usure produite par le travail de l'ouvrier. Lorsque cette couche est altérée d'une manière notable, il est facile, à l'aide d'un acide faible, de la dissoudre en totalité sans altérer l'argent sur lequel elle repose; dès lors la planche peut être cuivrée de nouveau, et se trouve ainsi dans le même état que si elle n'avait pas supporté le travail de l'imprimeur. »

La gravure de M. Fizeau doit être exécutée sur d'excellent plaqué au dixième. M. Hurlimann, l'habile graveur, a obtenu par ce procédé des planches admirables; malheureusement la mort est venue interrompre des travaux qui, sans aucun doute, auraient rendu ce procédé plus simple et plus facile.

Le 2 mai dernier *M. Talbot*, l'inventeur de la photographie sur papier, a indiqué un procédé de gravure d'image héliographique obtenue sur acier, qui consiste en ceci :

On prend une plaque d'acier, on la plonge dans du vinaigre acidulé avec un peu d'acide sulfurique; la substance employée pour rendre la surface sensible à la lumière est un mélange de gélatine et de bichromate de potasse; ayant séché la plaque, on enduit régulièrement sa surface avec ce mélange, on la met sur un support horizontal, et on la chauffe en dessous avec une lampe à esprit de vin jusqu'à ce qu'elle ait atteint une belle couleur jaune.

On prend l'objet dont on veut avoir l'image, par exemple une feuille d'arbre ou un morceau de dentelle, on le met sur la plaque et on l'expose au soleil pendant une ou deux minutes. Alors on retire l'objet, et on examine si l'image est parfaite; pour cela elle doit être d'une couleur jaune sur un fond brun. On prend alors la plaque impressionnée, on la plonge dans une cuvette d'eau froide pendant une ou deux minutes; l'eau blanchit l'image; il faut alors la retirer et la mettre quelques instants dans l'alcool. On la retire et on la laisse sécher; l'image photographique est terminée, l'eau a dissous une partie de la gélatine et tout le sel de chrome; aussi l'image est-elle blanche et très nette.

Pour graver l'image qu'on vient d'obtenir, il s'agit de trouver un liquide qui n'exerce aucune action sur la gélatine et soit assez corrosif pour graver la plaque d'acier en l'attaquant cependant avec lenteur.

Ce liquide est le bichlorure de platine étendu d'une quantité d'eau d'environ un quart de son volume. Quelques essais indiqueront au juste la meilleure proportion.

On met la plaque sur une table horizontale, on y verse une petite quantité de liquide, au bout d'une minute on voit l'image blanche photographique se noircir. Après une ou deux autres minutes on incline la plaque pour faire couler le liquide. On la sèche ensuite avec du papier brouillard, puis on lave avec de l'eau contenant du sel marin. Après cela on la frotte avec une éponge humide; la couche de gélatine qui la couvrait se détache, et l'on peut voir alors la gravure que l'on a obtenue.

Les gravures de M. Talbot, que nous avons vues, étaient d'une finesse remarquable; mais jusqu'à présent il n'a obtenu que des décalques d'objets tels que

feuilles d'arbre, dentelles, etc., et de là à la reproduction des demi-teintes d'une épreuve négative sur verre obtenue à la chambre noire il y a bien loin! Disons cependant qu'entre les mains de M. Talbot, avec des résultats déjà si remarquables, il y a beaucoup à espérer.

Peu de jours après la communication de M. Talbot, MM. Niepce, de Saint-Victor et Lemaître donnèrent le procédé suivant :

« L'acier sur lequel on doit opérer ayant été dégraissé avec du blanc de craie, M. Lemaître verse sur la surface polie de l'eau dans laquelle il a ajouté un peu d'acide chlorhydrique dans les proportions de une partie d'acide pour vingt parties d'eau; c'est ce qu'il pratique pour la gravure à l'eau forte, avant d'appliquer le vernis; par ce moyen, celui-ci adhère parfaitement au métal.

« La plaque doit être immédiatement bien lavée avec de l'eau pure, et puis séchée. Il étend ensuite, à l'aide d'un rouleau recouvert de peau, sur la surface polie, *le bitume de Judée dissous dans l'essence de lavande*, soumet le vernis ainsi appliqué à la chaleur, et quand il est séché on préserve la plaque de l'action de la lumière et de l'humidité.

« Sur une plaque ainsi préparée, j'applique le recto d'une épreuve photographique directe (ou positive), sur verre albuminé ou sur papier ciré, et j'expose à la lumière pendant un temps plus ou moins long, suivant la nature de l'épreuve à reproduire, et suivant l'intensité de la lumière; dans tous les cas l'opération n'est jamais très longue, car on peut faire une épreuve en un quart d'heure au soleil, et en une heure à la lumière diffuse. Il faut même éviter de prolonger l'exposition, car dans ce cas l'image devient visible avant l'opération du dissolvant, et c'est un signe certain que l'épreuve est manquée, parce que le dissolvant ne produira pas l'effet.

« J'emploie pour dissolvant trois parties d'huile de naphte rectifiée et une partie de benzine (préparée par Colas) : ces proportions m'ont en général donné de bons résultats; mais on peut les varier en raison de l'épaisseur de la couche de vernis et du temps d'exposition à la lumière, car plus il y aura de benzine plus le dissolvant aura d'action. Les essences produisent les mêmes effets que la benzine, c'est-à-dire qu'elles enlèvent les parties de vernis qui ont été préservées de l'action de la lumière.

« L'éther agit en sens inverse, ainsi que je l'ai découvert.

« Pour arrêter promptement l'action, et enlever le dissolvant, je jette de l'eau sur la plaque en forme de nappe, et j'enlève ainsi tout le dissolvant; je sèche ensuite les gouttes d'eau qui sont restées sur la plaque, et les opérations héliographiques sont terminées.

« Maintenant il reste à parler des opérations du graveur.

Composition du mordant.

Acide nitrique à 56°, en volume.	1 partie.
Eau distillée.	8
Alcool à 36°.	2

« L'action de l'acide nitrique étendu d'eau et alcoolisé dans ces proportions a lieu aussitôt que le mordant a été versé sur la plaque d'acier, préparée comme il vient d'être dit, tandis que les mêmes quantités d'acide nitrique et d'eau sans alcool ont l'inconvénient de n'agir qu'après deux minutes au moins de contact. Je laisse le mordant fort peu de temps sur la plaque, je l'en retire, je lave et sèche bien le vernis et la gravure, afin de pouvoir continuer et creuser le métal plus profondément sans altérer la couche héliographique. Pour cela, je me sers de résine réduite en poudre très fine, placée dans le fond d'une boîte préparée à cet effet. Je l'agite à l'aide d'un soufflet, de manière à former un grain. »

Photo-lithographie. Nous compléterons les divers essais de gravure dont nous venons de rendre compte en donnant à nos lecteurs les procédés de *photo-lithographie* que nous avons brévetés le 3 juillet 1852. Ces procédés nous sont communs avec MM. Lemercier et Barreswil; on va voir qu'ils sont des plus simples. Quant aux résultats obtenus, ils sont complets, et nous ont valu de nombreuses félicitations à l'Institut; cependant, pour être justes, nous ajouterons que si, pour une reproduction complète de grande dimension, nous sommes beaucoup plus avancés que nos concurrents, nous ne pouvons pas, avec la pierre, obtenir des finesses aussi grandes que celles obtenues par eux avec des planches d'acier.

Notre procédé consiste dans l'application de la photographie à la lithographie, et par extension à la zincographie, et même à la gravure.

Il consiste à produire sur pierre (zinc, cuivre ou tout autre métal) un enduit ou réserve qui puisse, après qu'il a reçu l'action de la lumière, résister à un dissolvant qui l'attaquait alors qu'il n'avait pas reçu l'action de la lumière.

Nous choisissons pour enduit un corps résineux, soluble dans l'éther ou l'essence, et devenant insoluble par l'action des rayons lumineux; tel est par exemple le bitume de Judée. Nous opérons de la manière suivante : nous dissolvons le bitume dans l'éther, et versons sur la pierre une solution bien liquide qui, par évaporation spontanée à l'air, laisse une couche de bitume bien sec qui se présente sous forme d'un grain plus ou moins serré, suivant le degré de concentration de la dissolution éthérée, suivant le degré de pureté de l'éther, suivant aussi la nature du bitume, et même suivant la température et l'état hygrométrique de l'air. Nous plaçons sur la pierre préparée une épreuve photographique négative redressée ou non suivant le sujet, sur papier ou sur verre, ou tout autre corps diaphane, épreuve obtenue par un procédé quelconque; si nous opérons avec le papier, nous plaçons dessus un morceau de glace épaisse, puis nous exposons à la lumière; le bitume se modifie dans les parties qui correspondent aux blancs du négatif (noirs du positif), nous *lavons à l'éther*, qui enlève les parties devenues solubles, et laisse comme enduit préservatif les parties qui sont devenues insolubles; le lavage des pierres se fait, soit par immersion, soit par ablution; la pierre étant lavée, nous acidulons à la manière ordinaire des lithographes, avec un acide faible et fortement gommé; les réserves formées par l'enduit, et qui correspondent aux blancs de l'épreuve photographique négative, peuvent alors prendre l'encre parfaitement bien, et constituent les noirs comme dans le modèle. Le tirage se fait par les moyens et avec les précautions connues des lithographes; il est bon de laver la pierre à l'essence avant de passer le rouleau, mais cette pratique n'est pas indispensable.

Notre procédé peut être appliqué à reproduire les images photographiques quelconques, soit la nature, soit les gravures, lettres, manuscrits, etc., directement ou au moyen d'une épreuve préalable obtenue à la chambre noire; nous affirmons qu'un photographe intelligent pourra, avec les indications ci-incluses, préparer convenablement une pierre, et que cette pierre pourra, entre les mains d'un lithographe exercé, donner de bons résultats, sans que celui-ci ait à recourir à d'autres procédés que ceux connus des lithographes.

Nous avons donné plus haut les détails relatifs à la galvanoplastie; elle a encore une autre application qui se rattache tout à fait à la photographie; c'est celle qui consiste à reproduire en cuivre, avec tous ses détails, par un simple dépôt de cuivre, une image daguerrienne. Ce résultat a été obtenu pour la première fois par M. H. Fizeau. N.-P. LEREBOURS.



